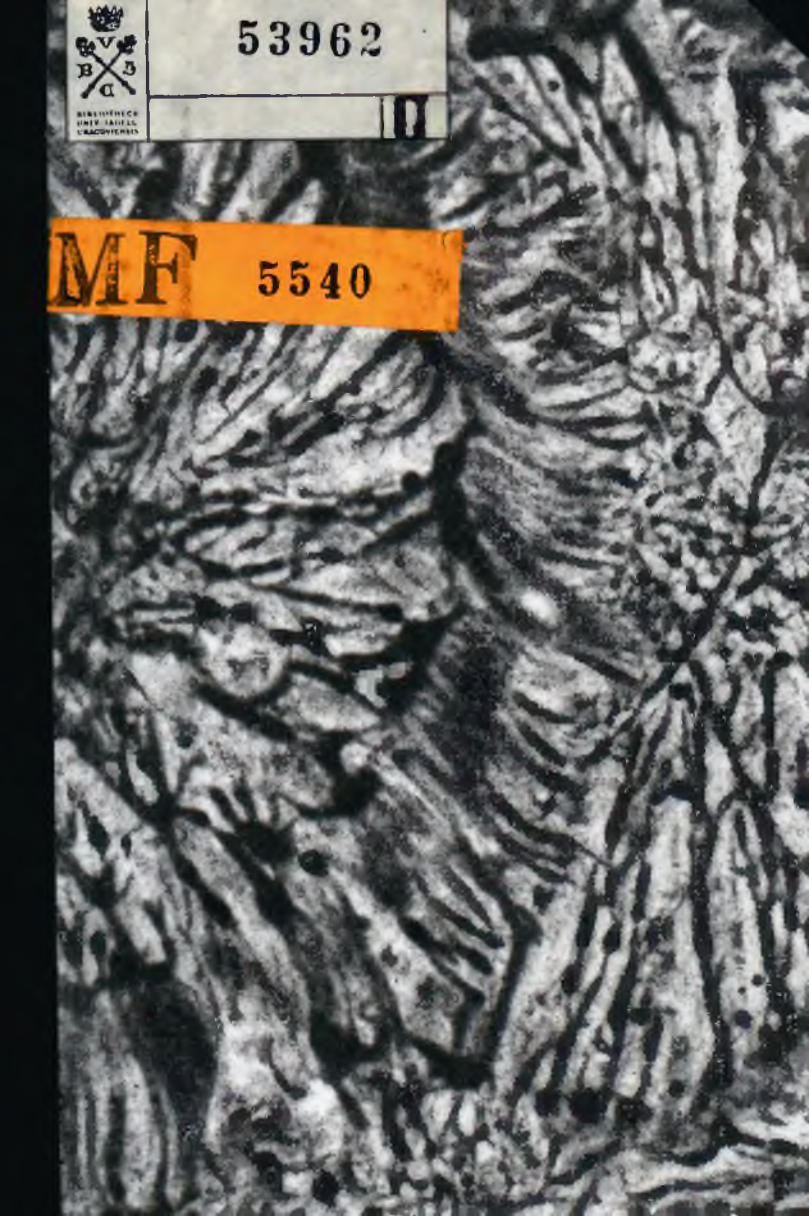
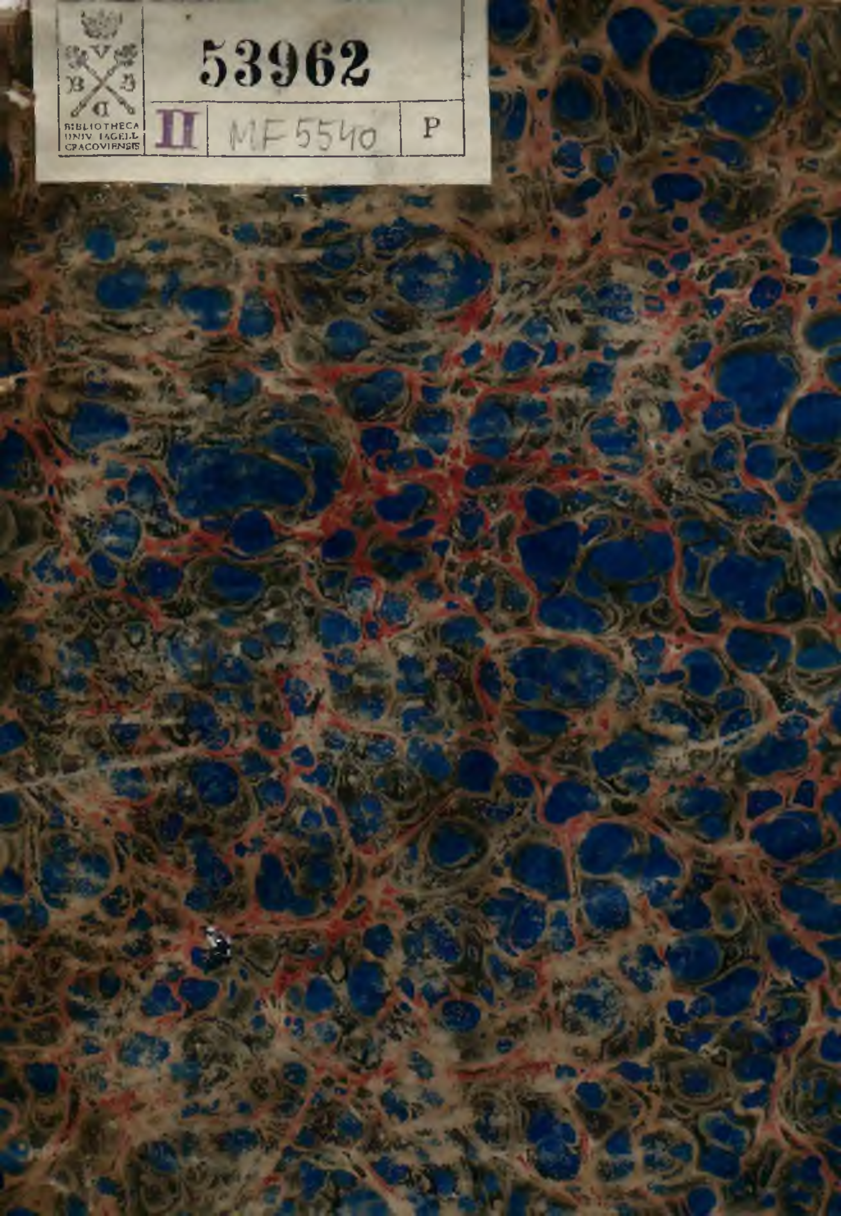

53962
BIBLIOTHECA UNIV. JAGELL. CRACOVIENSIS
MF 5540


V
B J
C
53962 I


53962
BIBLIOTHECA
UNIV IAGELL
CRACOVIENSIS
II
MF 5540
P


V
B J
C
53962
II

MÉMOIRE

Sur la constitution géologique du Chili;

Par M. IGNACE DOMEYKO, Professeur de minéralogie et de géologie au Collége de Coquimbo (Chili).

§ I. CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DU SYSTÈME DES ANDES ET DES TERRAINS QU'IL TRAVERSE SOUS LA LATITUDE DE COPIAPO.

La baie de Copiapo (*Pl. IV*) se trouve dans un terrain granitique recouvert par des couches tertiaires très-modernes, les mêmes qui composent des plaines à double et triple étages à toutes les embouchures de rivières au Chili. L'entrée du port est rendue difficile par la présence d'une rangée de rochers granitiques qui rétrécissent cette entrée, et qui s'élèvent à peine au-dessus du niveau de la haute marée. La mer y est presque toujours houleuse, et le port n'est pas suffisamment abrité contre les vents du Nord.

On débarque dans la partie méridionale de la baie, loin de l'ancienne embouchure de la rivière, qui ne présente actuellement qu'un lit sablonneux complétement à sec, et on ne trouve de l'eau douce qu'à une distance de 3 à 4 lieues du port. On y voit cependant un joli petit village bâti sur une terrasse de dépôts tertiaires, des magasins pour le bois, les vivres et les minerais, et on y compte une centaine d'habitants.

Vis-à-vis ce village, et de l'autre côté de la baie, on voit une haute montagne granitique noire, Morro de Copiapo, entièrement isolée des autres; et toute la côte de cette baie, sur un rayon

de 8 à 10 lieues, ne présente qu'un vaste désert, une plaine tertiaire à couches horizontales, qui s'étend jusqu'au pied des premiers chaînons de masses granitiques, basses et arrondies, renfermant des mines d'or et de cuivre. On voit aussi, au milieu de la plaine et à de grands intervalles, des collines dioritiques bien arrondies, dont les sommets marquent l'existence des anciennes îles qui existaient lors de la submersion de cette plaine sous l'Océan.

Terrain tertiaire.

Le terrain tertiaire près du village se compose en majeure partie de sables, mélangés de débris de coquilles et de graviers; et ce n'est que loin de la côte (à peu près à 2 lieues de la mer), à la partie supérieure du système, et à la surface même de la plaine, qu'on trouve des couches solides calcaires et coquillères, renfermant des espèces que la mer rejette encore actuellement sur la plage (1).

Granite.

Le granite de la côte a, en général, le même aspect et la même composition que les diorites des environs de Freyrina, de Coquimbo, de Tongoy, etc. On peut dire qu'il est identiquement le même que celui des montagnes de Carrisal, San Juan, La Higuera, célèbres par leurs mines de cuivre. Ce granite, à partir de Ramadilla, présente en général un grain de plus en plus fin, et il se transforme, à la hauteur de Chamunate, en une roche compacte, fendillée en tous sens, euritique. En même temps les montagnes deviennent de plus en plus escarpées, et sont traversées par des *dykes* et gros filons pierreux, contournés. On ne voit sur

---

(1) Je me propose de décrire plus loin (§ II) les terrains tertiaires de la côte en parlant de la constitution géologique des terrains situés sous la latitude de Coquimbo.

leurs flancs noirs et arides que des masses irrégulières de sables blancs et jaunâtres que les vents du Sud apportent continuellement de la côte et étendent par lambeaux sur les inégalités de leurs surfaces.

De nombreuses mines d'or et de cuivre ont été autrefois exploitées dans ces montagnes, et on y compte des centaines de filons qui ont été abandonnés depuis que la découverte des mines d'argent, dans le haut des Andes, y attire l'attention et l'activité des mineurs. C'est dans ces masses granitiques associées aux roches porphyriques et feldspathiques compactes, qu'on est encore en train d'exploiter les mines de las Animas, del Salado, de las Lechusas du côté du Nord, et celles de la Quebrada Seca et beaucoup d'autres du côté du Sud.

La ville de Copiapo doit son importance et toute sa richesse aux mines qu'on exploite dans ce département. C'est presque la seule branche d'industrie qu'on y connaisse; car, du reste, tout le département de Copiapo, dont cette ville est la capitale, et qui s'étend depuis le désert d'Atacama jusqu'au port de Totoralillo, et depuis la mer jusqu'à la ligne des faîtes des Cordillères, ne forme qu'un vaste désert, au milieu duquel on ne voit que quelques parties fort étroites de la vallée de Copiapo qui soient cultivées. Cette vallée même ne commence à être productive qu'à une douzaine de lieues de la mer, et redevient déserte, incapable de culture, à la hauteur de 2.400 mètres, à peu près à 50 lieues du port de Copiapo. En revanche, c'est le département du Chili le plus riche en mines de toute espèce, et on peut dire qu'il n'y a pas une seule montagne qui, par la nature du ter- Ville de Copiapo.

rain qui la compose, ne donne des motifs pour la recherche des filons métallifères. Il est cependant nécessaire d'ajouter que toutes les mines qui ont été découvertes, exploitées et abandonnées, ou qui sont actuellement exploitées dans ce département, ne dépassent pas la hauteur de 1.500 mètres au-dessus du niveau de la mer, et se trouvent dans une bande de terrains qui n'a que 12 à 15 lieues de largeur à partir de la côte, sans qu'on ait pu découvrir jusqu'à présent un seul filon de quelque importance dans la partie haute des Andes.

On compte trois époques dans l'histoire de l'industrie minérale de Copiapo. D'abord, du temps des premiers conquérants et sous le régime colonial espagnol, on n'y travaillait que des mines d'or. Il paraît qu'on avait trouvé des quantités immenses de ce métal aux affleurements des filons. On y parle encore de ces vieux temps où l'on pesait l'or à la romaine et où le travail était à bon marché. Secondement, vers la fin du dernier siècle, l'épuisement des principaux filons aurifères, ou plutôt l'appauvrissement des minerais dans la profondeur (fait généralement observé dans toutes les mines d'or du Chili); ensuite, la découverte des mines de cuivre (dont les filons se trouvent dans les mêmes localités que les filons d'or); celle enfin de quelques mines d'argent, firent abandonner les mines d'or, et on commença à s'appliquer à l'extraction du cuivre et de l'argent. Cette époque s'est prolongée encore pendant quelques années après la guerre de l'indépendance; et la troisième époque, la plus brillante de toutes, ne date que d'une douzaine d'années, c'est-à-dire de la découverte des mines de Chañarcillo.

D'après un relevé des mines du Chili fait par

l'ordre du gouvernement espagnol en 1806, et exécuté par les députés des divers départements sous la direction de Don Juan Egaña, homme de beaucoup de mérite et de savoir, on voit qu'à cette époque on n'exploitait dant tout le département de Copiapo que 7 mines d'argent (dans les montagnes de Zapallar, Chanchoquin, de la Cabeza de Vaca et de Cerro Blanco), dont les minerais ne donnaient, terme moyen, que 32 marcs d'argent au caisson (64 quintaux), et dont aucune ne se trouve actuellement exploitée. En outre, on exploitait encore dans ce même département treize mines d'or et quatre de cuivre. Les minerais d'or donnaient, terme moyen, pour 58 piastres d'or par caisson (ce qui revient à peu près à 20 castillanos, c'est-à-dire à 2 dixièmes de livre d'or par 64 quintaux). Quant aux minerais de cuivre, on n'extrayait que des minerais oxydés, ou autres contenant au moins 30 p. 0/0 de cuivre. Il y avait à la même époque trois usines pour fondre le cuivre (à Yerba Buena, Potrero Grande et Ramadilla) et neuf *Trapiches* ou moulins à eau pour moudre les minerais d'or et d'argent.

On exploite actuellement dans ce département de nombreuses mines d'argent dans les montagnes de Chañarcillo, Bandurrias, Algarrovito, Pajonales, San-Antonio, Punta Brava, Petacas, Ladrillos, Pampa Larga et Garin; et on poursuit les travaux d'exploitation avec beaucoup d'activité dans plus de soixante mines d'argent, dans la première seulement de ces montagnes. Ce qu'il y a en outre de remarquable, c'est que la loi des minerais qu'on en extrait, et dont la plus grande partie se traite dans les ateliers d'amalgamation de Copiapo, dépasse presque toujours 0,005 (environ 60 marcs au caisson), et on m'a assuré qu'il

ne serait pas possible d'y extraire les minerais de moindre loi que 50 marcs au caisson, à cause de la cherté des vivres et de la main-d'œuvre. — On exploite en outre dans ce même département plus de cinquante mines de cuivre, dont les plus importantes se trouvent dans les montagnes de Checo, el Cobre, Ojanco, Lechusas, Puquios, Quebrada Seca, Zapallo, Cerro Blanco et el Salado. On a extrait de ces mines, dans les dix dernières années, depuis 1832 à 1842, 2.009.707 livres de cuivre en barres, et 70.000.000 livres de minerai de cuivre cru qu'on exporta en Angleterre, et dont la loi moyenne a été d'environ 23 à 25 p. 0/0.

On a exporté, en 1843, par le port de Copiapo : 35.150 marcs d'argent, à quoi on doit ajouter 52.281 marcs d'argent qui ont été exportés par la douane de Valparaiso, et qui provenaient des mines de Copiapo; et 107.705 quintaux de minerais crus et de mattes de cuivre : (voir Compte rendu du ministre Irrarázabal, en 1844).

Le centre de cette industrie minérale, l'endroit où se font les marchés et où on amalgame la majeure partie de minerais d'argent, est la ville de Copiapo. On y compte actuellement trois machines d'amalgamation composés de tonnes à fonds en fonte, une autre pour le traitement en grand des résidus d'amalgation, et beaucoup d'autres ateliers pour l'amalgamation américaine ordinaire (huitrones), des moulins pour moudre les minerais, etc.

Le fond de la vallée où se trouve bâtie la ville de Copiapo est creusé dans les diorites; mais au-dessus de ces roches, on voit déjà au sommet des montagnes qui ombragent la ville du côté du Nord, quelques indices de stratification dans les porphyres qui les recouvrent.

En allant de cette ville vers les Cordillères, la vallée s'élargit et se dirige au S.-E.; on traverse un joli village nouvellement bâti, nommé Pueblo de los Indios, qui se trouve à l'endroit où les *conquistadores* trouvèrent une nombreuse population indienne. A 2 lieues de la ville, la principale vallée se rétrécit et tourne au Sud, laissant à gauche une large vallée qui se dirige vers le N.-N.-E., et qu'on nomme Quebrada de Paypote. C'est par cette dernière Quebrada, complétement sèche, aride, couverte de sable, que passe le chemin principal du désert d'Atacama.

Ce désert, qui occupe tout le pays littoral de l'océan Pacifique depuis Copiapo jusqu'à Cobija, et depuis la mer jusqu'au faîte des Cordillères, est peu connu, et n'a été jusqu'à présent visité, à ce que je sache, par aucun géologue. D'après les renseignements que j'ai pu recueillir des gens de Copiapo, il y a trois chemins pour traverser ce désert. Le premier, qui est celui de la côte, est presque impraticable pour les voyageurs : on n'y trouve que des eaux stagnantes salées et point d'habitations, excepté un petit endroit nommé Paposo, habité par une centaine d'Indiens parlant espagnol, et qui se trouve à peu près à moitié du chemin entre Cobija et le port de Copiapo, sur une ligne qui embrasse plus de deux degrés de latitude. On passe dans ce trajet près des mines de cuivre de las Animas, de Pueblo-Hundido, del Salado, situées à l'extrémité méridionale du désert, et près des mines de Cobija, qui se trouvent déjà aux environs du port de ce nom. Par là aussi doivent se trouver les masses de fer météoriques et les sables verts d'atacamite.

Désert d'Acatama.

Le second chemin, ou le chemin du milieu, est connu sous le nom de Camino Antiguo de los In-

cas. On prétend qu'il se dirige tout droit de Copiapo à l'ancienne petite ville d'Atacama, passant par des montagnes et les ravins, et qu'il fut construit par un des incas qui voulut visiter ce domaine conquis dans le Sud. Ce chemin n'est pas mieux pourvu de ressources que le précédent; et cependant c'est par là que tous les ans passent à pied plusieurs Indiens de Bolivie, hommes de petite taille et fortement bâtis, chargés de quelques drogues et résines de leur pays, qu'ils apportent pour les vendre dans le Chili.

Enfin le troisième chemin, le plus commode et probablement le plus intéressant pour le géologue, est celui qui passe par la Quebrada de Paypote, et par la partie élevée des Andes. Ce chemin n'est pas comme les autres dépourvu d'eaux douces et de pâturages pour les animaux. Il passe près des mines de los Puquios, puis par la ferme de Chañaral, située dans le rio Salado, où on voit une petite chaumière, quelques vignes et des figuiers. De là ce chemin va en remontant dans la direction N.-N.-E., et laisse à droite la montagne Cerro del Azufre, célèbre par une mine de soufre, de laquelle on extrait du soufre aussi pur que le soufre distillé artificiel, et où l'on trouve des masses de sel marin. A mesure qu'on avance, on continue à remonter le système des Andes, et on rencontre des sources d'eau douce à Doña-Ines, Encantadas, Baquillas, etc. Ce chemin, avant d'arriver à la ligne des faîtes, se ramifie en deux autres, dont l'un continue à longer la pente occidentale des Andes, et se dirige vers l'ancienne petite ville d'Atacama, située près du volcan de ce nom, tandis que l'autre traverse le sommet des Cordillères et va directement à Antofagasta, village situé sur la frontière de la Bolivie. On fait ce

voyage de Copiapo à Antofagasta en sept à huit jours, et c'est le chemin par lequel, selon toutes les probabilités, pénétrèrent pour la première fois, dans le Chili, les conquérants espagnols sous les ordres d'Almagro.

Retournons maintenant à notre Quebrada de Paypote, et poursuivons la description des terrains que nous avons interrompue pour indiquer une vaste région de montagnes qui n'a encore été étudiée par aucun géologue.

Mines d'argent de Ladrillos.

C'est à l'entrée, dans cet immense désert ou *despoblado,* par la vallée de Paypote, et à peine à une lieue de la vallée du rio de Copiapo, que se trouvent les mines d'argent de Ladrillos. La montagne qui les renferme se compose, à sa partie inférieure, de masses non stratifiées dioritiques; mais à la hauteur de 750 mètres au-dessus du niveau de la mer, on voit déjà dans cette montagne des couches stratifiées, régulières, inclinées à l'ouest, plongeant à l'est, et présentant de beaux escarpements de terrains secondaires tournés du côté de l'ouest.

Ces escarpements se prolongent dans la direction N.-S., ou plutôt dans celle N.-N.O., S.-S.-E; ils coupent la vallée de Copiapo à peu près à 5 lieues de la ville, et courent directement à la montagne de Chañarcillo, de là aux mines d'argent d'Algarrovito, etc. C'est par ici que passe la ligne principale du contact de deux terrains, c'est-à-dire du terrain granitique de la côte et du terrain stratifié des Andes.

Si l'on s'arrête à examiner la nature des roches qui entrent dans la composition de Cerro de Ladrillos, on retrouve encore au pied de cette montagne la même diorite que nous avons vue depuis le port de Copiapo jusqu'à la ville. Cette

roche, à mesure qu'on s'élève, passe aux roches homogènes, compactes, euritiques et aux porphyres amphiboliques, qui se fendent en prismes souvent très-réguliers. Ces roches encaissent des filons d'or et de cuivre de la même nature que tous ceux des mines d'or et de cuivre de la côte. Plusieurs de ces filons avaient été exploités dans le temps, mais ils sont tous abandonnés à l'époque actuelle.

Cette partie basse de la montagne, appartenant au groupe des terrains de la côte, est encore à pentes douces et arrondies, comme celles de la majeure partie des montagnes granitiques. Mais à mesure qu'on s'élève, la nature des roches change : ces masses compactes euritiques, noirâtres, changent d'aspect, présentent des divisions par strates, commencent à faire effervescence avec les acides, et la pente de leurs escarpements augmente rapidement : en même temps la nature des filons varie, leurs gangues deviennent calcaires, et leurs minerais argentifères.

Les premiers affleurements de ces filons se montrent à la hauteur de 760 mètres au-dessus du niveau de la mer, et on les a vus produire du chloro-bromure d'argent et de l'argent métallique, disséminés en particules extrêmement fines ; mais ces premiers filons changent immédiatement de nature en profondeur, et deviennent déjà stériles ou pyriteux à quelques mètres de distance de la surface.

Il n'en est pas ainsi des filons qu'on rencontre dans la partie haute de la même montagne, là où elle change entièrement d'aspect et de nature, en devenant stratifiée. On y remarque surtout deux grands filons qui avaient été exploités avec avantage par les premiers propriétaires de ces

mines. Celui qu'on considère comme le plus important de tous, nommé *Corride de la Descubridora*, court du S. 47° E. au N. 47° O., et plonge à l'ouest; il affleure sur une longueur de plus de 400 mètres. L'autre, de moins d'importance, nommé *Guia*, court du nord au sud, et plonge à l'ouest. Entre ces deux filons il y a beaucoup de veines qui se croisent en tous sens ou qui accompagnent les filons principaux.

Ces filons avaient d'abord produit beaucoup de minerai chloro-bromuré, semblable à celui de Chañarcillo; mais ils changèrent bientôt de nature, et arrivant à la profondeur de 8 à 10 mètres au-dessous de la surface, leur gangue devint siliceuse, contenant de l'argent natif antimonié, disséminé en particules très-fines, en fils et feuillets minces, accompagnés de sulfure d'argent et d'argent rouge arsénié. Ce minerai, changeant encore de nature à mesure qu'on descendait, devint de plus en plus arsénié et sulfuré, donna beaucoup d'arsenic natif, et on a remarqué qu'en pénétrant à une profondeur qui se rapprochait du contact des roches non stratifiées, on rencontrait des pyrites cuivreuses semblables à celles des mines de cuivre d'en bas. A côté du filon de la Descubridora, on a découvert un filon qui renfermait beaucoup d'arsenic natif testacé pur et très-compacte, très-pauvre en argent. Nous verrons que les mêmes minerais contenant de l'argent rouge mélangé d'arsenic natif, de sulfure d'argent et d'argent natif filiforme antimonié, se trouvent également dans les travaux inférieurs dans les mines de Chañarcillo, mais seulement à des profondeurs beaucoup plus considérables que dans les mines de Ladrillos; probablement parce que

le terrain stratifié de Chañarcillo a beaucoup plus d'épaisseur que celui de Ladrillos.

En général, tous les filons de cette montagne adhèrent à la roche encaissante, et atteignent rarement 7 à 8 décimètres de largeur. La partie métallique de ces filons s'y trouve très-irrégulièrement répartie.

Les mines de Ladrillos ont été découvertes en 1830, peu de temps avant la découverte de celles de Chañarcillo. Leur exploitation commença par promettre de très-grands avantages, et la seule mine la Descubridora, donna, durant les deux premières années, pour plus d'un million de francs d'argent. Mais bientôt après, la principale richesse qui se montrait vers les affleurements disparut, les travaux de recherche devinrent extrêmement coûteux à cause de la dureté de la roche et de la cherté de la main-d'œuvre, et enfin la découverte de Chañarcillo fit entièrement abandonner ces mines; de sorte qu'à l'époque actuelle il y a à peine trois ou quatre barretas (une dizaine de mineurs) qui poursuivent l'exploitation de quelques filons superficiels, et tous les anciens travaux sont abandonnés.

On doit regarder ces mines comme peu reconnues et comme méritant qu'on y consacre les fonds nécessaires pour leur exploitation. En effet, dans aucune de ces mines on n'a pénétré à plus de 20 à 30 mètres de profondeur au-dessous de la surface, et on n'y voit pas de galeries de recherche horizontales. La roche est tellement dure qu'on est obligé de payer 8 piastres par vare ($0^m,83$) au piqueur (barretero), outre la nourriture, et on paye à part le chargeur (apire). Lorsqu'on paye au mois, une *barreta*, c'est-à-dire un piqueur et un char-

geur, coûte environ 60 piastres par mois (y compris les outils, la poudre, etc.); un peu moins cher qu'à Chañarcillo.

En jetant encore un coup d'œil sur la composition de la montagne et les filons qui la traversent, je crois qu'on peut représenter tout ce groupe de terrains et leurs filons par la *fig.* 1, *Pl. V.*

En montant sur la crête d'une basse montagne située entre la mine de la Descubridora et celle de la Guia, on voit clairement de quelle manière la chaîne de ces escarpements du terrain stratifié se dirige au sud et tombe justement sur la montagne et les mines d'argent de Chañarcillo.

Redescendons maintenant dans la vallée de Copiapo, à l'entrée de la Quebrada de Paypote, et continuons notre voyage vers la Cordillère.

Ligne du contact des deux terrains.

Depuis cet endroit la vallée de Copiapo tourne au S.-S.-E., et comme la ligne de contact des roches stratifiées avec les granites court à peu près dans la direction du méridien magnétique, il en résulte que, pendant que les terrains stratifiés forment des montagnes sur la rive droite de cette vallée, leur ligne de contact avec les granites ne passe de l'autre côté de la vallée qu'à deux lieues plus haut, vis-à-vis d'une petite ferme nommée Tierra Amarilla. Tout ce terrain, stratifié, composé de roches compactes schistoïdes, de marnes argileuses, de gypses et de porphyres argileux, plonge à l'est, et on le voit, au fond de la vallée, s'appuyer sur les masses soulevantes granitiques. Je crois que l'épaisseur de ce terrain secondaire à cette première ligne d'escarpements ne dépasse pas 300 mètres.

Filon de sulfate neutre de fer.

Tout près du fond de la vallée, et sur l'escarpement de la rive gauche, en face de la ferme de Tierra Amarilla, affleure un filon pyriteux, con-

tenant beaucoup de sulfate de fer, de cuivre et d'alumine. On y trouve de beaux échantillons de sulfate violet, couleur d'améthiste, cristallisé en prismes à six pans, que M. Rose a reconnu être du sulfate neutre de fer (*Ann. des Mines*, 3e série, V, 570). Ce sulfate s'y trouve associé au sulfate bleu de cuivre et à un autre sulfate jaune de fer et d'alumine. Tous ces minéraux proviennent évidemment de la décomposition des pyrites cuivreuses près de la surface, et de l'action de ces mêmes sulfates sur la roche feldspathique qui leur sert de gangue. On sent l'odeur d'acide sulfureux à l'entrée de la mine, et les blocs de sulfate qu'on en retire conservent encore dans leur centre des parties pyriteuses non décomposées. Reste à remarquer que les deux éléments, cuivre et fer, qui se trouvent combinés à l'état de sulfure, dans ces pyrites, se séparent l'un de l'autre en se transformant en sulfates. La roche encaissante est compacte, homogène, siliceuse, renfermant des parties schistoïdes noirâtres, à cassure conchoïde imparfaite, et se cassant en fragments anguleux. Cette roche se trouvant à l'endroit où les deux groupes de terrain se touchent l'un à l'autre, il n'est pas facile de dire avec certitude à quel groupe de terrain elle appartient. Seulement par la ressemblance que présente cette roche avec quelques-unes de celles qu'on rencontre sur le chemin de Chañarcillo, dans le terrain stratifié, on est conduit à admettre que ce filon doit se trouver dans le terrain secondaire stratifié.

Cette mine avait été dans le temps exploitée pour ces mêmes sulfates qu'on employait comme magistral dans l'amalgamation des minerais sulfurés d'argent. On ne faisait pour cela que leur

faire subir un léger grillage afin de peroxyder le fer sans décomposer l'acide. Le filon se trouve actuellement abandonné parce que la majeure partie des minerais d'argent qu'on extrait des mines de ce département sont, ou des minerais chloro-bromurés, ou des minerais d'argent natif; et que dans les deux cas on les traite sans avoir recours au magistral.

A deux lieues de ce filon sulfaté, mais de l'autre côté de la vallée, on voit une montagne, Cerro del Cobre, qui s'élève du fond de cette même vallée, et se compose d'une masse soulevante dioritique, porphyroïde, traversée de filons de fer et de cuivre, renfermant des quantités considérables de fer magnétique et de minerai de cuivre oxydulé ferrifère (ziegelerz), des pyrites cuivreuses, etc. Cette montagne qui forme ici une espèce d'île granitique au milieu de terrains stratifiés, conserve tous les caractères du terrain de la côte, jusqu'à la nature des filons qu'elle renferme et qui sont de la même espèce que les mines de cuivre de la côte. Des strates réguliers secondaires recouvrent cette montagne jusqu'à une hauteur de 200 à 300 mètres au-dessus du fond de la vallée, et au pied de la montagne on voit des escarpements d'alluvions modernes en couches parfaitement horizontales. Ces alluvions marquent le niveau des eaux d'un lac, lequel, dans cet endroit, remplissait la vallée avant que les roches qui, à cette époque formaient une digue naturelle à 4 lieues plus bas (à l'endroit nommé la Angostura), fussent détruites par le temps ou par quelques secousses violentes. Ces alluvions présentent en même temps des doubles et triples étages de vallées, semblables à ceux des terrains tertiaires de la côte: de

Mines de cuivre du Cerro del Cobre.

sorte qu'on y voit un des cas très-nombreux dans les Cordillères, où il est facile de confondre des couches de sédiment de formation lacustre avec celles de formation marine tertiaires dues au soulèvement de la côte.

En portant la vue sur le Cerro del Cobre, en face de la ferme d'Antoco, on saisit d'un seul coup d'œil l'ensemble de la situation respective des trois différents terrains, qu'on pourrait représenter de la manière suivante (*fig.* 2, *Pl. V*) :

(A) Couches secondaires composées en majeure partie de porphyres stratifiés et de roches compactes plus ou moins calcaires, dont j'aurai l'occasion de parler dans la suite. Les couches apparaissent de loin comme presque horizontales ou légèrement inclinées à l'ouest.

(B) Une partie de la montagne, composée des mêmes roches stratifiées que le terrain précédent, mais en couches beaucoup plus inclinées que celles de ce dernier terrain :

(C) Roche soulevante non stratifiée renfermant des mines de cuivre.

(D) Terrain de sédiments lacustres modernes, composé de couches de sables, de graviers et de blocs roulés.

Dès qu'on dépasse cette *masse granitique* du Cerro del Cobre, on ne voit des deux côtés de la vallée que le terrain stratifié. Un ravin, le Quebrada del Plomo, qui descend dans la vallée principale, près de la ferme d'Antoco, conduit aux mines d'argent de Pampa-Larga et de San-Felis, situées dans le même terrain secondaire, et dont les minerais sont très-arsénifères. A trois lieues de l'entrée de cette Quebrada, et remontant toujours par la vallée de Copiapo, on arrive à la Punta del

Diablo, d'où le chemin qui conduit à Chañarcillo tourne au sud, tandis que la vallée principale monte vers le S.-E.

Nous continuerons de suivre cette dernière, parce qu'elle nous fera découvrir, en ligne plus directe, la coupe transversale de tout le système de terrains qui constituent les Andes.

Terrain stratifié secondaire.

Tout le terrain stratifié, depuis Antoco jusqu'à la Punta del Diablo, se compose de couches régulières, qui en général plongent à l'est, et présentent, dans quelques parties de leur étendue, des failles et contournements locaux. La partie inférieure de ce terrain consiste toujours en roches porphyroïdes ou compactes, siliceuses, alternant vers la partie supérieure des montagnes avec des couches calcaires argileuses et des gypses. Ces derniers se trouvent particulièrement derrière les maisons de Totoralillo, où on vient de construire une belle machine d'amalgamation composée d'une roue hydraulique en fonte, qui fait tourner deux roues horizontales, dont chacune met en mouvement les agitateurs de dix tonnes fixes à fonds en fonte.

En passant la Punta del Diablo, la vallée se rétrécit, la stratification devient moins régulière, les couches augmentent d'épaisseur, les roches prennent une structure porphyrique, et la vallée tourne, comme je l'ai déjà dit, au sud-est. On voit dans cet endroit les deux fours à réverbère de l'usine à cuivre de Potrero Seco, où on fond les minerais de cuivre de Cerro del Cobre. Pour donner une idée de la cherté du traitement, il suffira de dire qu'on y paye environ 30 réaux (20 fr.) pour un *caisson* de bois (16 petites charges d'ânes, pesant environ 15 à 16 quintaux, d'un bois très-menu, mais

bien sec), et qu'on consomme 8 à 10 caissons de ce bois pour chaque *caisson* de minerai du poids de 64 quintaux (environ 2 à 3 parties de combustible en poids pour 1 p. de minerai). On n'y traite que des minerais d'une teneur d'environ 30 pour 100 et dont les gangues ne sont pas très-réfractaires. Le traitement comporte deux opérations, dont la première consiste à fondre les minerais pour cuivre noir, et la seconde, à raffiner le cuivre noir, après un rôtissage préalable.

Porphyres bigarrés.

Les porphyres stratifiés du terrain de Potrero Seco sont à pâte compacte ou terreuse, bigarrée en brun, brun violacé, vert, gris et gris bleuâtre : couleurs qui probablement proviennent des divers degrés de l'oxydation du fer qui entre dans la composition de ces roches. Au milieu de cette pâte, on voit disséminés de tout petits cristaux très-irréguliers, qui, la plupart du temps, ne sont que des pointes et veinules très-irrégulières et interrompues, contournées, etc. Ces porphyres, qui sont les plus abondants et les plus caractéristiques du terrain stratifié des Andes, pourraient se nommer, à cause de la grande variété de couleurs qu'ils présentent, *porphyres bigarrés*. Nous aurons l'occasion d'en parler à tout moment dans nos excursions dans les Cordillères. Les détritus de ces porphyres sont ordinairement d'une poussière très-fine, rougeâtre, verte ou d'un brun violacé, bigarrés comme la roche même. Ces porphyres se trouvent ordinairement en gros bancs ou couches épaisses associées à des brèches de la même pâte porphyrique que les porphyres, ainsi qu'à des porphyres zéolitiques et amygdaloïdes (1).

---

(1) Voir, pour la description détaillée de ces por-

Premier percement du terrain stratifié par la roche soulevante.

On voit ces porphyres s'étendre jusqu'à Hornillo (3 lieues au S. 60° E. de Potrero Seco). Ici la vallée se rétrécit beaucoup, se transforme en un ravin à parois presque verticales, et à une lieue de là, on passe au pied d'une haute montagne nommée Punta Brava, où on voit reparaître la même roche soulevante, les mêmes diorites que nous avons laissées au Cerro del Cobre, et qui dans cet endroit percent pour la première fois le terrain stratifié qu'elles avaient soulevé.

Cette masse granitique se montre d'abord sur la rive droite, puis s'étend de l'autre côté de la vallée, et à une lieue plus loin, elle encaisse des deux côtés la vallée, qui, dans cet endroit, n'a que 100 à 150 mètres de largeur, et dont les parois, presque verticales, ont plus de 600 mètres de hauteur. Au fond de ce ravin, on voit la maison d'une jolie propriété, la Puerta, ornée de magnifiques saules pyramidaux et de figuiers, et à l'ombre de ces arbres un atelier d'amalgamation, appartenant à MM. Cobos.

C'est au contact de la roche soulevante et de porphyres stratifiés, mais toujours dans ces derniers, qu'on exploite, au sommet de la montagne Punta Brava, quelques filons d'argent, produisant tantôt de l'argent natif, tantôt de l'argent antimonié, arsénio-sulfuré ou sulfuré, ou cobaltifère. En même temps je dois dire qu'en face de cette montagne, mais de l'autre côté de la rivière et dans la masse granitique, au pied de laquelle se trouve le jardin de la Puerta, on avait dans le temps exploité des mines d'or.

---

phyres, mon Mémoire intitulé *Recherches sur quelques points de la géologie du Chili*, etc., inséré au commencement de ce volume, pages 3 et suivantes.

Porphyres stratifiés. — Vallée de Potrero Grande.

En partant de la Puerta, la vallée s'élargit, et en même temps les roches granitiques disparaissent sous le terrain de ces mêmes *porphyres bigarrés* que nous avons laissé derrière el Hornillo. On voit s'ouvrir une très-belle vallée d'environ 7 à 800 mètres de largeur et d'environ 12 à 13 kilomètres de longueur. Toute la vallée est creusée dans le terrain stratifié porphyrique, et le détritus de leurs roches constituent le sol fertile des magnifiques propriétés qui s'y trouvent et qui portent le nom de Potrero Grande. Un ruisseau, qui ne tarit jamais, y serpente au milieu des prairies artificielles, ombragées par d'énormes figuiers et des saules de castille. Les fruits de cette vallée, surtout les melons et les figues, ont une grande renommée dans le Chili, et ils y sont tellement précoces, que le 20 du mois de mars 1842, en passant par Potrero Grande, j'ai vu faire la seconde récolte des figues, pendant qu'à Copiapo et à Coquimbo on venait à peine de commencer la première. Ce qui fait voir que la saison, dans cette partie de la vallée de Copiapo, devance celle de la côte au moins de deux mois et demi, bien que la distance à la côte n'y dépasse pas 15 lieues en ligne directe, et que le fond de la vallée, d'après mes observations barométriques, atteigne une hauteur de 1.000 à 1.200 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Mine d'argent de San Antonio dans les porphyres bigarrés stratifiés.

A l'entrée de la belle et large vallée de Potrero Grande, on rencontre un village qui, dernièrement, a reçu le nom et le titre de la Villa de San Antonio, et qui ne compte actuellement qu'une centaine d'habitants. En face de cette *villa*, sur la rive droite, on exploite, au fond d'un ravin qui descend du nord, les mines d'argent de

San Antonio. Ce ravin a tout au plus 1 kilomètre de longueur, et toute la montagne est composée de *porphyres bigarrés* en couches régulières, ressemblant beaucoup, quant à la nature de la roche et à l'aspect extérieur du terrain, aux terrains d'Arqueros, de los Algodones, de Catemo, de San Pedro Nolasco, célèbres par les nombreuses mines d'argent que ces montagnes renferment.

Les filons de San Antonio affleurent à mi-côte et sur un des flancs les plus escarpés de la montagne. On y voit 4 filons qui courent parallèlement les uns aux autres, laissant entre eux des intervalles de 40 à 50 mètres qui les séparent. Ils ont 400 à 600 mètres de longueur. Le filon principal, connu sous le nom de la Corrida de la Descubridora, est un de ceux du milieu; il court de N.40°E. au S.40°O; il plonge à l'est, et ses affleurements atteignent, à la ferme de la Descubridora, une hauteur de 1.214 mètres au dessus du niveau de la mer. Ce filon a été reconnu comme productif sur une longueur de trois *estacas* (600 vares = 723 mètres), et jusqu'à une profondeur de 60 à 70 mètres au-dessous de la surface. La mine la plus riche de ce filon, nommée la Descubridora, produit annuellement, depuis une dizaine d'années, 2.000 à 3.000 marcs d'argent.

Au-dessus de ce filon en affleure un autre, *la Veta del Medio*, dont la direction est de N. 25 à 30° E., et qui a été à peine entamé jusqu'à présent. On y trouva du sulfure de cuivre parfaitement pur, sans argent.

Au-dessus de ce second filon, et à peu près à 100 vares de distance de la Descubridora, on voit un troisième filon, *Veta de San José*, parfaitement parallèle au premier, et produisant les

mêmes minerais que celui de la Descubridora. Ce troisième filon n'a jamais été trouvé aussi riche en argent que le premier; mais il donne des minerais de sulfure de cuivre et d'arséniure de cuivre, mélangés d'oxydule de même métal et de cuivre natif, qui souvent ne contiennent que quelques traces d'argent.

Enfin le quatrième filon affleure à peu de distance du filon principal de la Descubridora e présente la même direction que celui-ci : il est presque vertical, et ne s'incline que très-légèrement vers l'Ouest. La veine métallifère de ce filon est très-étroite, mais le corps du filon qui adhère à la roche, et la roche encaissante même, au voisinage du filon, se trouvent parfois imprégnés de particules argentifères, qui font monter la loi du minerai à plus de 0,002. Ce filon se croise avec une veine métallifère dont la direction correspond à celle de *la Veta del Medio*.

L'affleurement de ce quatrième filon à la mine connue sous le nom de *la Mina del Juez*, a été trouvé à la hauteur de 1.180 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les travaux d'exploitation de cette mine ne dépassent pas encore 25 à 30 mètres de profondeur au-dessous des affleurements; de sorte que l'épaisseur de la partie exploitée de la montagne, depuis l'affleurement du filon de San José jusqu'au fond des travaux de la Mina del Juez, n'a pas encore 130 mètres de hauteur verticale.

Les mines de San Antonio sont très-remarquables sous le rapport de leurs minerais, qui diffèrent beaucoup de ceux que j'ai vus dans les autres mines de ce département. Leur gangue est une roche argileuse d'un gris cendré foncé, à cas-

sure terreuse : on la trouve souvent imprégnée de spath calcaire et de spath perlé qui forment aussi des veines et des rognons au milieu de cette gangue. Elle diffère de celles des minerais de Chañarcillo en ce que pendant que celles-là abondent en hydrate de peroxyde de fer, celle-ci généralement ne contient du fer qu'à l'état de protoxyde. Aussi il est à remarquer que pendant que les mines de Chañarcillo, comme nous verrons dans la suite, renferment presque la totalité de leur argent à l'état de chlorure et de chloro-bromure, celles de San Antonio ne contiennent que des sulfures et arséniures ou de l'argent métallique et à peine quelques traces de chlorure. Nous verrons ensuite que tandis que les gangues de San Antonio ressemblent à celles des mines de Catemo, de Calabazo, de San Pedro Nolasco, de San Lorenzo, dont les minerais sont sulfurés ou sulfo-arséniurés, celles de Chañarcillo sont tout à fait semblables aux gangues des minerais chlorurés et chloro-bromurés de Agua Amarga.

Il est en outre à remarquer que, malgré la haute loi en argent qu'accusent les minerais de San Antonio, et qui monte souvent à 3 et 4 pour cent, la majeure partie, si ce n'est presque la totalité de l'argent de ces minerais, s'y trouve disséminée en grains, veinules et paillettes d'argent natif. Cet argent n'est jamais pur, excepté dans quelques échantillons excessivement rares où on le trouve cristallisé au milieu du spath calcaire. Les métaux avec lesquels cet argent y forme des alliages sont l'antimoine, le cuivre et le bismuth. L'espèce la plus commune contient 3 à 4 pour 100 d'antimoine et quelques traces de cuivre. L'espèce la plus rare est un alliage d'argent et de bismuth

que j'ai découvert dans un échantillon provenant de la mine de San José. Cet alliage a presque le même éclat métallique que l'argent natif pur; mais il prend, par suite d'un contact prolongé de l'air, une teinte jaunâtre et un peu rosâtre. Il se trouve disséminé en petites lames et paillettes ductiles, accompagnées d'aiguilles irisées d'arséniure de cuivre. On a obtenu dans une analyse de la partie la plus pure de ce minéral :

Alliage natif d'argent et de bismuth.

Argent. . . .	0,601
Bismuth. . .	0,101
Cuivre. . . .	0,078
Arsenic. . . .	0,028
Gangue. . . .	0,192
	1,000

Les deux dernières substances s'y trouvent dans les proportions à peu près nécessaires pour former l'arséniure de cuivre natif.

Sous-arséniure de cuivre.

Je ferai remarquer que dans tous les minerais de San Antonio l'espèce minérale qui accompagne le plus constamment l'argent natif sans en contenir de traces, est un sous-arséniure de cuivre, que j'ai reconnu contenir 3 atomes de cuivre pour 1 atome d'arsenic, Cu^3As. Il n'est pas difficile de reconnaître cette espèce par son éclat argenté, qui se fait voir dans la cassure fraîche, et qui change très-vite de couleur par le contact de l'air, devenant d'abord jaunâtre, puis bleuâtre, rougeatre, etc., et finissant par se couvrir de couleur d'iris comme celle de la pyrite cuivreuse ordinaire. Ce minéral forme ordinairement des veines minces, irrégulières, au milieu de ces gangues grises, cendrées, que je viens de décrire; mais il forme aussi des petites masses au milieu du filon comme les autres minéraux de

cuivre. Il est presque toujours mélangé de pyrite cuivreuse en proportion très-variable, et souvent d'oxydule de cuivre et d'arséniate vert amorphe.

On voit dans l'intérieur de ces minerais arséniurés de l'argent natif disséminé en grains amorphes de diverses grandeurs, et quelquefois en lames, mais presque toujours engagés plutôt dans la gangue terreuse ou pierreuse que dans l'arséniure, qui, étant bien séparé pur, sans gangue, ne donne presque pas d'argent à l'essai.

Une autre espèce, assez abondante dans ces mines, surtout dans les filons supérieurs, est le sulfure de cuivre, qui s'y trouve toujours amorphe, ne contenant presque pas de fer, ni d'arsenic, ni d'antimoine. Il est à remarquer que, malgré l'association de cette espèce avec de l'argent natif, les sulfures de cuivre de San Antonio sont très-pauvres en argent, et en contiennent quelquefois à peine un millième. On y trouve des échantillons de sulfure de cuivre pur, dans lesquels l'argent forme des grains métalliques amorphes engagés dans le sulfure, et, à côté, le même sulfure renfermant du cuivre natif en feuillets et petites masses amorphes, entièrement séparées de celles d'argent natif.

Les autres minéraux que l'on rencontre dans ces minerais sont la pyrite de fer, la blende et le sulfure d'argent.

En résumé, les minerais d'argent de San Antonio sont des mélanges d'argent natif antimonié ou bismuthifère, d'arséniure de cuivre, de sulfure de cuivre et de gangues argileuses imprégnées de spath calcaire et de spath perlé. Comme l'argent s'y trouve en majeure partie à l'état métallique, on traite ces minerais par la méthode d'amalgama-

tion ordinaire sans ajouter de magistral, et on rejette les résidus. Quant aux minerais très-cuivreux ou très-riches en sulfures et en cuivre natif ou oxydulé, on les met de côté, et on les vend comme minerais de cuivre, ne contenant presque pas d'argent. Les minerais ordinaires de la Descubridora et de San José, ceux qu'on traite pour argent, contiennent, terme moyen, 60 à 70 marcs au caisson (0,005).

Ces mines ont été découvertes en 1830, et depuis ce temps elles ne cessent de produire annuellement 3.000 marcs d'argent. Il y a ordinairement 8 à 9 *faenas* ou propriétés de mines qu'on est en train d'exploiter, et 40 *barretas*, c'est-à-dire 80 ouvriers mineurs qui travaillent dans ces mines.

En allant de San Antonio vers les Cordillères on parcourt, comme je viens de le dire, 4 à 5 lieues dans une large vallée, et le chemin passe au milieu de beaux jardins et arbres fruitiers. Les montagnes environnantes sont composées de porphyres stratifiés qui forment des gros bancs et couches légèrement contournées, souvent horizontales et recouvertes de ces détritus rougeâtres et verdâtres qui caractérisent le terrain de porphyres bigarrés. C'est au milieu de ce terrain, vers la partie supérieure des montagnes (à peu près à 300 mètres au-dessus du fond de la vallée), qu'on trouve, sur la rive droite, vis-à-vis la ferme de Las Amolanas, à 4 lieues de San Antonio, des couches calcaires et marneuses fossilifères contenant des peignes, des ammonites et d'autres coquilles turbinées. Nous aurons l'occasion de donner bientôt une description détaillée de ce terrain en arrivant à la montagne de las Manflas.

Un autre endroit qui, aux environs de cette vallée, mérite une attention particulière de la part d'un géologue, c'est le Cerro Blanco, qui se trouve à peu près à 5 lieues au Sud du Potrero Grande, et où se trouvent les mines d'argent, de cuivre, d'or et de mercure, connues sous le nom de mines de Cerro Blanco.

Mines de Cerro Blanco

Cette montagne domine toutes les autres sur un rayon de 7 à 8 lieues; elle porte à son sommet une couche énorme de brèches qui se trouvent ordinairement associées aux porphyres bigarrés, et qui forment un plateau blanchâtre, à la couleur duquel la montagne doit son nom de Cerro Blanco Cette brèche se compose de petits morceaux anguleux de divers porphyres, eurites et pierre lydienne d'une grande variété de couleurs, empâtés dans une masse porphyrique grise comme celle de porphyres bigarrés. Cette roche prend à sa surface, par le contact prolongé de l'air, une couleur blanche semblable à celles de roches calcaires. Immédiatement au-dessous de cette couche commence le groupe des porphyres bigarrés, associés aux roches compactes homogènes, qui passent ensuite aux roches appartenant au système de roches granitiques.

Tout ce terrain de Cerro Blanco se trouve coupé par des filons qui courent parallèlement à la chaîne des Andes, et qui pénètrent jusqu'aux roches les plus basses du système.

Le filon principal commence près du sommet de la montagne. Son affleurement se montre en descendant sur une longueur de plus d'une lieue; sa déclinaison est de S. 15° O. à N. 15° E. Il coupe également toutes les couches de porphyres et les brèches qui les recouvrent, sans dévier en rien

de direction. Il est presque vertical; sa largeur varie d'un point à l'autre, mais rarement dépasse 8 décimètres d'une paroi à l'autre : on le voit accompagné d'une veine, *guia*, qui tantôt s'écarte de 2 à 3 mètres du filon, tantôt le rejoint.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans ce filon, ce sont les divers minéraux qu'il renferme et la manière dont leur nature et leur composition varient à mesure qu'il descend. Ainsi, au sommet de la montagne, il a été pendant longtemps exploité pour argent. Un des mineurs les plus habiles du pays, Don Miguel Gallo, l'avait exploité pendant plusieurs années, et il pénétra jusqu'à plus de 200 mètres au-dessous des affleurements. Ici, il faut que je le fasse observer, il ne trouva plus, même à la partie supérieure du filon, du chlorure, ni de ces minerais d'argent natif qu'on extrait ordinairement dans les mines rapprochées de la côte; on trouva seulement des cuivres gris antimoniés, riches en argent, et contenant quelques paillettes et particules excessivement fines d'argent natif. Ce minerai changea bientôt de nature, et à une certaine profondeur, que je n'ai pas pu déterminer avec exactitude, mais qui ne dépasse pas 50 mètres au-dessous de la surface, il se transforma en un mélange de cuivre gris et de galènes dont la loi ne descendait pas encore à moins de 3 millièmes; mais ensuite ces mélanges devinrent de plus en plus plombifères, et le cuivre gris se trouva remplacé par le cuivre pyriteux et la pyrite ordinaire. Ici les anciens propriétaires furent obligés d'arrêter les travaux et abandonnèrent la mine.

La même succession de minerais qu'on avait

remarquée dans la mine de Don Miguel Gallo s'observe aussi à divers étages du même filon à mesure que son affleurement descend sur la pente de la montagne du côté Sud-Ouest. Ainsi, en observant les minéraux qui se montrent à diverses hauteurs de ces affleurements, on voit que d'abord les cuivres gris disparaissent, puis viennent les galènes qui à l'ordinaire ne renferment que 0,0005 à 0,001 d'argent, et enfin, à une distance de 500 à 600 mètres de la tête du filon, on tombe sur la mine el Rincon, dans laquelle ce filon change entièrement de nature et devient éminemment cuivreux. Aussi on s'y trouve près de la roche soulevante. Le filon, comme toutes les mines de cuivre, donne d'abord des minerais oxydés, des oxydes, des silicates et des carbonates; puis, au-dessous de ces minéraux, viennent les pyrites cuivreuses et les cuivres panachés, et au-dessous de ces derniers les pyrites de fer ordinaires. Ces sulfures contiennent quelques lamelles de galène, ce qu'il est très-rare de rencontrer dans les mines de cuivre de la côte.

Je n'ai qu'à ajouter deux remarques relatives à la roche encaissante et à la gangue de ce filon. J'ai déjà dit que ce filon garde sa direction et son inclinaison dans toute son étendue, soit dans la partie haute de la montagne, où il est argentifère; soit dans la partie basse, où il est cuivreux. Or le changement dans la production métallique de ce filon correspond au changement dans la nature de la roche et de la gangue. Ainsi, pendant que la partie argentifère du filon se trouve encaissée dans les brèches porphyriques et les porphyres bigarrés stratifiés, la partie cuivreuse se trouve dans des roches compactes homogènes, dont les

plans de division par couches deviennent déjà de moins en moins distinctes. En même temps, pendant que la gangue de la partie argentifère contient beaucoup de sulfate de baryte et de spath calcaire, celle des minerais de cuivre de la mine ci-devant citée du *Rincon* se compose presque exclusivement de quartz, de fer spéculaire, d'amphibole asbestoïde et d'argile. On remarque aussi que tout le quartz hyalin cristallisé de cette montagne est en prismes terminés par des pyramides à trois faces, et jamais à six faces, et que la pyrite cuivreuse qui constitue la principale richesse de ce filon prend la forme de tétraèdres irréguliers au contact du quartz hyalin cristallisé, tandis qu'elle reste toujours amorphe loin de ce contact. Je n'ai pas besoin d'ajouter que cette pyrite dégénère ordinairement en pyrite ordinaire dont la présence annonce ordinairement l'épuisement de la richesse minérale du filon.

Je passerai sous silence un grand nombre d'autres filons de cuivre qu'on exploite ou qu'on avait exploités vers la partie inférieure de cette montagne, là où on touche aux roches soulevantes. Il y en a qui avaient produit de très-grandes richesses en minerais pyriteux. J'en ai vu un, dans la mine de Agua Amarilla, qui donna en bien peu de temps plus de 20.000 quintaux de minerai ayant une teneur de 20 à 22 p. 0/0, et malgré cela les frais d'exploitation et de transport étant énormes, le propriétaire de cette mine n'a pas trouvé de bénéfice à l'exploiter, et il cherchait à la vendre.

On m'a montré aussi, au milieu de ces filons cuivreux, quelques uns qu'on avait exploités pour or, et surtout un, connu sous le nom de *la Mina*

de Azogue, qui produit en même temps du cinabre terreux et du cuivre gris mercuriel.

Redescendons maintenant dans la belle vallée de Potrero Grande, et continuons notre voyage vers la ligne des faîtes. Je rapporterai ici l'extrait des notes que j'ai prises dans une excursion que j'ai faite dans ces cordillères en mars 1843.

Las Juntas, au confluent des 3 rivières.

Je suis parti le 21 mars de la ferme de Las Amolanas, située à 1.085 mètres au-dessus du niveau de la mer. A 3 heures de marche de cette ferme, on arrive à l'endroit nommé Las Juntas, où se trouve le confluent de trois rivières, rio de la Jorquera, rio Pulido et rio Manflas, qui se réunissent pour en former une seule, qui depuis ce point porte le nom du rio de Copiapò. De ces trois rivières celle de Manflas descend du Sud et n'apporte de l'eau que dans les années où il tombe une ou deux pluies en hiver : ce qui n'arrive que tous les huit à dix ans. Les deux autres, celle du milieu ou rio Pulido, qui descend de l'Est, et le rio Jorquera, qui descend du Nord, ne manquent jamais d'eau, et à leur confluent on voit plus d'eau qu'il n'y en a dans tout le reste du cours de la rivière de Copiapo.

Les roches y sont encore les mêmes que celles de la vallée de Potrero Grande; on remarque seulement parmi les porphyres de la partie inférieure quelques belles variétés de porphyres amygdaloïdes et d'autres renfermant des rognons d'un silicate compacte vert de composition inconnue.

Le confluent de ces trois rivières se trouve à la hauteur de 1.202 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ce point correspond, dans la géographie physique du Chili, à des points analogues sous d'autres lati-

tudes, où l'on voit, vers la même hauteur et à peu près à la même distance de la mer, des nœuds de rivières de seconde classe et la naissance de rivières principales. Ces endroits présentent en même temps quelques changements dans la nature géologique du terrain, et sous ce rapport doivent attirer l'attention du voyageur de préférence aux autres.

N'ayant pas eu assez de temps pour explorer les trois rivières chacune séparément, je me suis décidé à entrer par la rivière de Manflas, à repasser ensuite dans la vallée du rio Pulido par une montagne où, d'après quelques informations que j'avais reçues, je supposais l'existence d'un terrain fossilifère, et à suivre après cela le rio Pulido jusqu'à la hauteur de la ligne des faîtes, pour redescendre par la vallée du rio Jorquera.

La vallée du rio Manflas.

L'entrée dans la vallée du rio Manflas est un des endroits les plus arides de ce voyage. La vallée est large; les pentes des montagnes présentent de belles coupes de terrain stratifié porphyrique; mais à peu près à une lieue du confluent on tombe sur le granite qui, depuis l'apparition du terrain stratifié dans la Quebrada de Paypote, perce pour la seconde fois ce terrain et lui fait subir des dislocations et des changements dans la nature des roches. La masse soulevante se replonge ici bien vite sous les couches du terrain stratifié, et en arrivant à l'endroit nommé el Fuerte (à 3 lieues de las Juntas), on se trouve de nouveau au milieu des roches stratifiées.

Second percement du terrain stratifié par la roche soulevante.

Cet endroit, el Fuerte, est un des points les plus intéressants pour le géologue: il doit s'y arrêter pour examiner la grande variété des roches et leurs situations respectives relativement à la masse du

granite qui les soulève. La vallée, ou plutôt le ravin, n'a ici qu'une centaine de pieds de largeur, et il tourne brusquement vers le sud. Un petit ruisseau d'eau fraîche et limpide et un bouquet de pêchers et figuiers, au milieu de rochers qui s'élèvent presque perpendiculairement à la hauteur de 300 à 400 mètres au-dessus du fond de la vallée, rendent cet endroit bien agréable pour y passer l'heure du midi, où la chaleur fait monter le thermomètre à plus de 40 degrés centigrades. Ce n'est qu'à deux heures de l'après-midi que la brise qui vient du nord-ouest permet au voyageur de continuer ses excursions. Le fond de la vallée s'y trouve à 1.432 mètres au-dessus de la mer.

A l'angle même où ce ravin tourne au sud, et notamment sur la rive gauche du ruisseau, il y a un groupe de roches extrêmement variées, tant dans leurs caractères minéralogiques que dans le contournement de leur stratification. On n'y voit pas de filons ni de failles proprement dites; les couches paraissent avoir éprouvé une demi-fusion au moment où elles se brisaient et se repliaient sur elles-mêmes. On y aperçoit des couches calcaires mélangées et confondues avec des roches schistoïdes, des porphyres et des roches amygdaloïdes. Les calcaires ont en général une structure cristalline et contiennent de l'épidote, du grenat et du gypse. Les amygdaloïdes sont à noyaux de stilbite, d'analcime (?) et de carbonate de chaux.

En face de ce groupe de roches, mais de l'autre côté de la vallée, s'élève une haute montagne, nommée Cuesta de Manflas, dont la partie inférieure est recouverte par le terrain fossilifère des Andes dont je vais donner la description.

Terrain fossilifère de la montagne de Manflas.

Ce terrain repose évidemment sur la masse granitique dont je viens de signaler la situation en allant de las Juntas à el Fuerte. Les premières couches qui recouvrent ce granite sont porphyriques. Il est impossible de déterminer leur épaisseur à cause de la grande irrégularité qui existe dans tout ce terrain au voisinage de la roche soulevante. Il suffit de dire qu'à une centaine de mètres au-dessus du fond de la vallée, en montant par un ravin qui, à partir de el Fuerte, se dirige au nord, on arrive aux couches calcaires, qui dans cet endroit paraissent avoir subi des failles et glissements, et ne se trouvent pas en stratification concordante avec les porphyres. Ces couches calcaires sont formées d'un calcaire compacte argileux, d'un gris obscur, à cassure plane ou demi-conchoïde, traversé par des veinules spathiques blanches très-minces et irrégulières. On a trouvé ce calcaire composé de :

Carbonate de chaux.	0,540
— de magnésie.	0,007
Argile attaquable par les acides. . . .	0,080
Argile inattaquable. . . , ...	0,374
	1,001

Les couches de ce calcaire sont bien régulières, leurs plans de division nets et unis; leur épaisseur varie de 2 à 8 décimètres. On n'y trouve pas encore la moindre trace de restes organiques; mais, à une hauteur d'environ 250 mètres au-dessus du fond de la vallée, on arrive à la partie fossilifère de la montagne, qui a encore plus de 200 mètres de puissance jusqu'au sommet de la montagne.

Cette partie fossilifère consiste en une série de couches marneuses de deux espèces, dont

les unes sont solides, plus ou moins siliceuses, quelques-unes entièrement composées de débris organiques marins, parmi lesquels prédominent les térébratules, les peignes et les gryphées; les autres sont tendres, sableuses, se délitent à l'air et se réduisent en sable et poussière, laissant se dégager les fossiles intacts et parfaitement bien conservés. Ces couches des deux espèces, variables quant à leur épaisseur, qui est ordinairement de 6 à 8 décimètres, mais toujours bien régulières et en stratification concordante les unes avec les autres, alternent et se répètent un grand nombre de fois, sans qu'on aperçoive des modifications notables dans leurs caractères minéralogiques. Les couches solides forment des rangées d'escarpements presque verticaux; les couches tendres forment au contraire des pentes douces et couvrent de leurs sables et coquillages la surface de la montagne, ne laissant entrevoir de loin que les arêtes bien alignées et presque horizontales des premières couches; de sorte qu'en regardant de loin cette montagne, du côté du Sud, on la voit d'une blancheur jaunâtre et présentant comme des gradins ou escaliers bien réguliers, dont les échelons se trouvent séparés par des pentes plus douces couvertes de sable. L'aspect sec de la montagne, sa couleur blanc jaunâtre, sa stratification régulière formée de bandes qui sont ordinairement plus minces, moins contournées et mieux alignées que les couches de porphyres, voila les caractères au moyen desquels un géologue peut reconnaître le terrain fossilifère des Andes, même de très-loin, à de très-grandes distances et au sommet de très-hautes montagnes. En effet, toutes les montagnes de ce terrain fossi-

lifère que j'ai vues dans les Cordillères ont le même aspect et les mêmes caractères extérieurs, dont la connaissance pourra être de grande utilité au géologue, qui en apercevant de loin, à la distance de 3 à 4 lieues, des montagnes de cette forme et de cet aspect, saura où diriger ses excursions sans se mettre à la discrétion des guides.

Cette série non interrompue de couches marneuses tendres et de couches siliceuses plus fermes, renfermant une immense quantité de fossiles, continue jusqu'au sommet de la montagne Cuesta de Manflas, qui se trouve située entre la vallée du rio Manflas et celle du rio Pulido. Au sommet de la montagne existe un plateau à surface très-inégale, ayant tout au plus 700 à 800 mètres de largeur. Il s'élève à la hauteur de 1.995 mètres au-dessus de la mer; de sorte que toute la montagne, depuis le fond de la vallée de Manflas jusqu'au sommet, a 563 mètres de hauteur. Sur cette hauteur, environ la moitié de l'épaisseur du terrain se trouve fossilifère; tandis que l'autre moitié, celle de la partie inférieure, se compose de porphyres et de calcaire noirâtre compacte, dolomitique, ne contenant pas de débris organiques.

En redescendant ensuite de cette montagne dans la vallée du rio Pulido, et examinant le même terrain sur sa pente septentrionale, on observe que malgré le peu d'étendue que prennent les couches de ce terrain entre la vallée de Manflas et celle du rio Pulido, elles présentent déjà des modifications notables, autant dans leurs caractères minéralogiques que dans la nature et la quantité des corps fossiles qu'elles renferment. Les mêmes couches, qui du côté du sud se composent presque exclusivement de térébratules et

de diverses huîtres et gryphées, contiennent ici des grandes espèces de peignes (semblables à ceux du Cerro de las Tres Cruces, dans la vallée d'Elglis), des grandes coquilles turbinées, etc. Au milieu de ces couches, qui en général sont beaucoup moins riches en fossiles que celles de l'autre côté de la montagne, on trouve des couches d'un calcaire cristallin argileux, d'un jaune grisâtre, totalement dépourvues de restes organiques. On y rencontre aussi quelques couches subordonnées d'environ 1 mètre d'épaisseur, d'un grès à pâte de calcaire argileux, ne contenant pas de fossiles, ainsi que quelques roches schisteuses compactes que je n'ai pas vues sur l'autre versant de la montagne.

Enfin, au pied de la même montagne, dans la vallée du Rio Pulido, on retrouve les couches porphyriques composées des mêmes porphyres bigarrés, porphyres amygdaloïdes, brèches porphyriques, etc., qui caractérisent le terrain de porphyres stratifiés des Andes.

On ne retrouve plus ce terrain fossilifère de l'autre côté de la vallée du Rio Pulido, en face de la montagne de Maullas; et si l'on suit ces couches calcaires du côté où elles prennent le plus d'extension, on observe qu'elles se prolongent dans la direction N.-O. Aussi nous les retrouverons plus tard dans la vallée du Rio Jorquera. Je n'ai donc qu'à ajouter que ces couches calcaires fossilifères, n'ayant ici que tout au plus une lieue à une lieue et demie de largeur, semblent marquer l'endroit d'une ancienne plage ou d'un ancien rivage de la mer, sur lequel il s'est formé des dépôts de sédiment de la même manière que se sont formés, à une époque moderne, tous les dépôts tertiaires de la côte actuelle de l'océan Pacifique,

qui ne constituent que des bandes allongées de 2 à 3 lieues de largeur, interrompues par des rochers préexistants et situés aux embouchures des vallées transversales de ce système.

Vallée du Rio Pulido.

On trouve au pied de la montagne de Manflas, dans la vallée du Rio Pulido, des habitations et des jardins, qui, malgré la hauteur de 1.400 mètres à laquelle ils se trouvent élevés, produisent d'excellents fruits de même qualité que ceux de Potrero Grande.

Après avoir passé la nuit dans cet endroit, nommé Punta Ulpeadora, je repartis le 22 mars par la vallée du Rio Pulido, en me dirigeant vers les Cordillères. Cette vallée monte dans la direction S.20°E. au milieu des rochers appartenant au système inférieur de porphyres bigarrés. Chemin faisant, on voit partout des ruines d'anciennes habitations d'Indiens et des restes de troncs d'arbres d'*algarrobo* (prosopis siliquastrum), de ces beaux arbres dont le fruit leur servait d'aliment, et avec lequel ils préparaient une boisson alcoolique. Quelques débris d'anciens fours à manche et des tas de scories pâteuses mal fondues font voir la cause de la destruction de toute la végétation de cette vallée.

Troisième percement du terrain stratifié par les granites

A trois lieues de la Punta Ulpeadora, on arrive à l'endroit nommé Iglesia Colorada, où la vallée se rétrécit brusquement et tourne à l'est. Ici, on voit pour la troisième fois les masses granitiques qui soulèvent et accidentent le terrain stratifié, et dont l'apparition détermine toujours un changement notable dans la direction des rivières et la configuration des montagnes.

Ces masses prennent ici plus d'extension que celles du Rio Manflas et de la Puerta. Leur surface

est arrondie, couverte de détritus feldspathiques anguleux; le granite est à gros grains et à quatre éléments (quartz, feldspath, amphibole et mica), traversé par des veines et filons feldspathiques ou quartzeux compactes.

A une demi-lieue de la Iglesia Colorada, on voit descendre du côté sud et dans la direction N.20°O. un profond ravin, le Rio Mostasal, et à peu près à une lieue plus loin, du même côté que le précédent, se joint le Rio del Potro, dont la vallée se trouve plus évasée et plus riche en eau, en bois et en pâturages, que la vallée du Rio Pulido.

En continuant toujours à cheminer par cette dernière, on remarque que, dès qu'on dépasse les montagnes granitiques, elle change encore une fois de direction, fait un détour vers le N.E. et s'élargit considérablement. Ici, on voit encore quelques morceaux de terrains cultivés et semés de blés; diverses rivières ou plutôt ruisseaux, le rio de Ramadilla et le rio de Ramada, qui descendent du côté de l'est, et à peu près à 5 ou 6 lieues au delà le dernier détour que fait la rivière, on arrive à Mulañeco, qui est le dernier endroit cultivable dans cette vallée.

Le dernier endroit cultivable et la dernière habitation de ce côté des Andes.

La chaumière de Mulañeco, qui n'est habitée que pendant la saison d'été, se trouve à 2.373 mètres au-dessus du niveau de la mer. On peut admettre cette hauteur pour limite de la partie cultivable du système des Andes, à la latitude de 28 à 30°. J'ai encore vu à Mulañeco une belle récolte de froment, mais le maïs et les haricots y étaient entièrement noircis par les gelées qui étaient arrivées quelques jours auparavant, quoiqu'on fût encore au plus fort de la saison d'été.

Le 23 du mois de mars, à sept heures du matin,

le thermomètre marqua $+8°$ C. et le baromètre de Bunten $0^m,578$, à la chaumière de Mulañeco. Les gens qui s'y trouvaient réunis pour moissonner et battre le froment m'assurèrent qu'il commence à neiger dans ces parages avant la fin de l'automne, et qu'il y neige beaucoup, mais qu'il ne tombe jamais de pluie dans ces montagnes. J'ai ensuite ouï dire à beaucoup d'autres montagnards de ce pays la même chose ; c'est-à-dire, qu'à une certaine hauteur (que j'estime à 2.000 ou 2.500 mètres au-dessus la mer, d'après les informations qu'on m'a données), il neige beaucoup, mais qu'il ne pleut jamais.

Parlons maintenant de la constitution géologique de cette contrée :

A partir du confluent du Rio del Potro, où, comme nous l'avons dit, le granit perce entièrement le terrain stratifié et forme des masses énormes au milieu de ce dernier, les roches granitiques disparaissent sous les couches de porphyres secondaires, mais il paraît que ces derniers diminuent beaucoup en épaisseur. Dans le trajet que nous avons fait depuis ces montagnes granitiques jusqu'à Mulañeco, on voit parfois le granite au fond de la vallée et jusqu'à mi-côte de ses flancs, recouvert par les porphyres stratifiés ; parfois les masses granitiques longent la vallée du côté de l'ouest, et le terrain stratifié descend jusqu'au fond de la vallée du côté de l'est. En tous cas, je crois que cette vallée résulte de la désagrégation de la partie la plus tendre des roches granitiques, et que de là résultent la forme, les détours et les sinuosités de la vallée.

La même chose se voit à partir de Muñaleco. La vallée monte en se dirigeant vers le nord ; les

granites continuent à se montrer, occupant la partie inférieure du terrain; les couches d'en haut présentent peu de dislocations et de contournements, et, à 2 lieues de Mulañeco, en arrivant à l'endroit nommé Pasto Grande, on laisse, du côté du nord, le ravin Quebrada de Biscachas, et on prend à l'est, suivant toujours la vallée du Rio Pulido.

Terrain stratifié de porphyres bigarrés.

Dès qu'on change de direction, on se retrouve de nouveau au milieu du terrain stratifié, et les roches granitiques disparaissent. On ne voit de tous côtés que des montagnes stratifiées: des couches immenses de brèches porphyriques grises et de toutes couleurs, à gros fragments porphyriques empâtés dans une masse de porphyres bigarrés; des porphyres amygdaloïdes associés aux précédents; des porphyres zéolitiques et d'autres qui sont bréchoïdes ou renfermant des noyaux de calcédoine; en un mot, tout l'ensemble des roches et leur aspect extérieur fait reconnaître l'identité de ce terrain avec celui que j'ai vu prédominer dans tout le système des Andes, depuis Copiapo jusqu'à Rancagua (sur une ligne de 250 à 280 lieues), et dont la formation a précédé le soulèvement des Andes.

Porphyre à base d'ouralite.

A deux lieues et demie de Pasto Grande, à l'endroit où la vallée tourne au sud-est, on rencontre au milieu du terrain stratifié une espèce de porphyre à gros cristaux noirs luisants, qui est une des roches caractéristiques de ce terrain à toutes les latitudes des Andes du Chili. Cette roche ne prend jamais beaucoup d'extension, et se montre de préférence près du contact des masses soulevantes, quoique je l'aie vue aussi intercalée au milieu d'autres porphyres stratifiés et au milieu

des roches bréchoïdes, formant tantôt de véritables couches parallèles aux autres, tantôt des espèces de dykes ou de crêtes de masses allongées qui ne se trouvent pas en stratification concordante avec le reste du terrain.

La pâte de ce porphyre est grise, compacte, homogène, fusible au chalumeau, et les cristaux d'un beau noir luisant, ordinairement de 3 à 4 lignes, et souvent de 7 à 8 lignes de longueur. Comme ils adhèrent toujours à la pate, il est impossible de bien déterminer leur forme et de décider si elle correspond aux formes de l'amphibole ou du pyroxène; cependant l'angle du biseau de leurs sections, parallèles à l'axe, indique plutôt la forme de ce dernier que de l'amphibole. Leur structure est lamellaire, présentant deux clivages de l'amphibole et deux autres du pyroxène; il y a en outre indication du clivage parallèle à la base : les surfaces des clivages sont bien nettes, d'un éclat vitreux, et on y voit très-souvent, dans les interstices entre les lames, une substance blanche ou terreuse qui s'y trouve en trop petite quantité pour que j'aie pu reconnaître sa nature. Au chalumeau, ces cristaux sont à peine fusibles sur les bords; cependant lorsqu'on essaye une lame très-mince, ou mieux une fibre très-déliée de la partie où la structure de ce minéral passe à une structure fibreuse, on voit que la fusion s'opère avec bouillonnement, et il se forme à l'extrémité de la fibre une perle noire luisante, opaque.

L'analyse de la partie la plus pure de ces cristaux a donné pour leur composition :

		Oxygène.		
Silice.	0,419	0,218		
Alumine. . . .	0,166	00.77		
Oxyde ferreux.	0,117	0.026		
Ox.manganeux.	0,016	0,003	0,110	$3(f,mn,mg,c)S+Al' S^3$.
Chaux.	0,116	00,32		
Magnésie. . . .	0,154	0.049		
Perte au feu. .	0,012			
	1,000			
Son p. spéc.	3,179			

D'après ces caractères et la composition des cristaux noirs, je crois qu'ils doivent être de l'espèce que M. Rose a signalée sous le nom d'ouralite (ou pyroxène doué des clivages d'amphibole), et que le porphyre est un porphyre à base d'ouralite.

Porphyres amygdaloïdes.

Au voisinage de ce porphyre on trouve près de la Angostura del Molino, des porphyres bigarrés à noyaux d'agate et de calcédoine, et des porphyres amygdaloïdes à noyaux zéolitiques compactes, blancs, fusibles en verre incolore, et dont la composition se rapproche de celle de l'analcime.

Quatrième percement du terrain stratifié par les granites.

Granite et syénite de Cachito et de las Pircas.

En montant toujours par la même vallée du Rio Pulido, dans la direction S.-E., on laisse à gauche un ravin, Quebrada del Cachito, qui communique avec la vallée de la Jorquera, par laquelle nous allons descendre, et en face de cette Quebrada on arrive encore une fois aux masses granitiques. On y trouve d'abord une très-belle roche syénitique, composée de felspath rose lamelleux, de quartz laiteux et d'amphibole verdâtre. Ces syénites passent insensiblement aux granites à quatre éléments, puis au granite sans amphibole, sans que le feldspath et le quartz changent de couleur. Au milieu des gros blocs de ces granites roses, à l'en-

droit nommé las Pircas, nous vîmes les ruines d'anciennes habitations d'Indiens, et dans un coin de ces ruines, deux hommes armés et bien vêtus, accroupis près du feu, et se plaignant du froid au milieu de l'été, là où jadis avaient vécu des hommes nus et sauvages. Ces gens armés composaient la garde que le gouvernement prend la précaution d'y maintenir pour empêcher la contrebande.

A trois lieues de là on arrive au point culminant de la vallée, et à la source du Rio Pulido. Les granites se cachent, et le col par où passe le chemin se nomme Portezuelo del Pulido. Il est bien connu des voyageurs par les vents de l'ouest qui y règnent et qui sont tellement violents qu'on a de la peine à se soutenir à cheval en passant par le sommet à midi. Il m'a été impossible de mesurer la hauteur de ce Portezuelo à cause de ces mêmes vents qui ne permettent pas de s'arrêter un instant; mais je crois que cette montagne s'élève au niveau des points les plus élevés de la ligne des faîtes, de laquelle elle ne se trouve éloignée que de 2 à 3 lieues. Nous trouvâmes des neiges fraîchement tombées sur toute la pente méridionale de cette montagne.

Terrain secondaire de porphyres stratifiés à la région la plus élevée des Andes.

Dès qu'on passe le Portezuelo del Pulido, on se retrouve de nouveau au milieu des roches stratifiées; mais ici ce terrain se trouve tellement accidenté, varié, disloqué et bouleversé, qu'on ne le reconnaît que par les caractères minéralogiques des roches et la grande variété de couleur des détritus terreux qui les recouvrent. On y aperçoit des masses terreuses blanches et rougeâtres de ces kaolins ou roches métamorphiques (*tofos*) qui se montrent ordinairement au contact des granites avec les roches stratifiées, dans la région la plus

Kaolins.

élevée des Andes, et que nous verrons mieux caractérisés et développés à la latitude de Coquimbo et dans les Cordillères de Rancagua.

Il n'y a pas de passage direct dans les Cordillères en face du Portezuelo Pulido. Le chemin tourne au Nord, et en moins de 4 heures, en marchant au pas, on arrive à une grotte naturelle, creusée dans des brèches porphyriques rouges, à l'endroit nommé El Pan, dans la vallée du Rio del Pan. C'est là que les voyageurs cherchent ordinairement un abri contre les orages de la Cordillère, et on y passe la nuit assez commodément, pour franchir ensuite à la pointe du jour le sommet des Andes qui se trouve encore à 2 lieues de montée de cette grotte.

A 6 heures du soir, dans cette grotte, j'ai trouvé le baromètre à 493 millimètres, et le thermomètre à + 9° C. (1). Le ciel était complétement dégagé de nuages, et un calme parfait régnait pendant la nuit.

Le lendemain (23 mars), à la pointe du jour, je partis avec deux guides pour atteindre la ligne de séparation des eaux de la chaîne la plus élevée des Andes. On choisit cette heure pour le voyage à cause des vents qui ordinairement commencent à souffler sur les 10 heures du matin, et qui souvent sont tellement forts, que, d'après ce qu'on m'a assuré, ils rendent impossible le passage.

Vents qui règnent dans la haute région des Andes.

En effet, voici ce qu'on peut dire sur la périodicité des vents qui règnent dans toute la chaîne des Andes du Chili, et notamment sur la ligne

(1) Ce qui correspond à 3.697 mètres au-dessus de la mer.

des faîtes de ces montagnes. Le vent qui prédomine, mais qui ne souffle que pendant la journée, est le vent de l'ouest ou du sud-ouest. Ce vent s'apaise vers les 6 à 7 heures du soir, et il arrive ensuite un calme qui règne pendant la nuit. Ce n'est qu'à 2 ou 3 heures du matin, et quelquefois un peu avant la pointe du jour que commence à souffler le vent de l'est, nommé *terral*, très-sec et très-froid. On a remarqué que ce vent se fait toujours sentir de beaucoup meilleure heure (quelquefois à la nuit tombante) près de la côte que dans la région élevée des Cordillères : ce qui fait voir que ce vent doit se produire *par aspiration*. Il est rare que le *terral* souffle plus de 2 heures de suite près de la ligne des faîtes, et qu'il soit très-fort et très-orageux; il cesse ordinairement sur les 7 à 8 heures du matin, et laisse de nouveau toute l'atmosphère dans un calme parfait. Ce calme et la fraîcheur de l'air provenant de la fonte des neiges, rendent les matinées, dans ces régions, pendant les mois d'été, extrêmement belles, et rappelant les belles matinées de printemps, des pays septentrionaux de l'Europe. Enfin, vers 8 heures 1/2, à 9 heures 1/2, le vent de l'ouest commence déjà à se faire sentir ; sa force et son impétuosité vont constamment en augmentant jusqu'à l'heure de midi, ou jusqu'à 1 ou 2 heures du soir, où il arrive à son maximum de violence. Il faiblit ensuite et cesse entièrement de se faire sentir vers le coucher du soleil. Reste à ajouter que cette périodicité de vents s'interrompt de temps en temps, surtout au changement des saisons et pendant les mois d'hiver. Viennent alors les vents du nord et du nord-ouest, qui apportent presque toujours des grands orages et des neiges. Ces orages s'étendent

très-souvent jusqu'au rivage de l'océan, et alors, pendant qu'il neige dans les Andes, il tombe des averses dans la partie basse de la côte.

Derniers chaînons du terrain stratifié.

En montant de la grotte El Pan au sommet des Cordillères, par la vallée du ruisseau qui porte le nom d'*Estero del Pan*, on a l'occasion de bien examiner les derniers chaînons de ce terrain stratifié qui, en s'approchant des granites dont est composée la crête des montagnes les plus élevées des Andes, porte la trace des plus grandes révolutions et des secousses les plus violentes qu'il a éprouvées; comme si réellement la force qui fit sortir du sein de la terre ces énormes masses granitiques eût concentré l'énergie de son activité à la ligne des faîtes de ces montagnes.

Parmi les roches qui entrent dans la composition du terrain soulevé, celles qui paraissent prédominer sont des brèches et porphyres bréchoïdes, dont la surface est tantôt noire comme du charbon, tantôt d'un rouge de sang ou d'un gris cendré, et presque toujours rubanée en bancs et strates de toutes les nuances imaginables. Ces strates et couches sont en général fortement redressés et plongent à l'ouest; en quelques points cependant le contraire a lieu. Il y a en même temps, quant à la nature des roches, une telle variété d'espèces et de modifications, qu'on dirait que la nature a réuni à ce dernier échelon du système une collection de toutes les roches qui composent le terrain secondaire de la pente occidentale des Andes. Il n'y manque que le groupe de roches calcaires que nous venons de voir sur le flanc de la montagne de Manflas, en revanche les brèches et les porphyres de ces parages sont souvent quartzifères

et micacés, ce qui n'arrive que bien rarement dans la région basse de ces montagnes.

Dernier percement du terrain stratifié par la roche soulevée. — Granite de la ligne des faîtes.

On n'arrive au granite qu'à une demi-lieue de la ligne de séparation des eaux. Le sommet de cette partie de la chaîne des Andes est composé d'une masse arrondie, entièrement dépourvue de végétation, couverte de détritus feldspathiques et quartzeux, formant des pentes douces sillonnées par des ravins peu profonds et évasés. Je l'ai trouvé complétement dégagé de neige, qu'on n'apercevait que sur les pentes méridionales de quelques cônes qui surmontaient les autres, et aussi dans des ravins profonds bien au-dessous de leurs sommets.

A 9 heures du matin nous arrivâmes au point le plus élevé du portezuelo Come-Caballo (1), à l'endroit où le chemin commence à descendre vers les provinces Argentines, et qui se trouve sur la frontière de la république du Chili. La matinée était belle, le ciel d'un bleu d'azur foncé; le vent commençait déjà à souffler fort; de sorte que pour faire mes observations barométriques je fus obligé de me placer à quelques mètres au-dessous du sommet, sur la pente orientale de la montagne. Le baromètre indiquait 442,8 mill. pour la pression atmosphérique; le thermomètre (à 9 h. 3/4 du matin) marquait 0°,4 au-dessous de zéro; ce qui correspond [en adoptant pour la

Hauteur de la ligne des faîtes des Cordillères au portezuelo de Come-Caballo.

---

(1) On appelle *portezuelo* l'endroit un peu surbaissé sur la ligne des faîtes d'une chaîne de montagnes (le *col*), situé entre deux cônes ou points culminants de la même chaîne. On conçoit que c'est toujours par les *portezuelos* que passent les chemins qui franchissent les montagnes.

hauteur barométrique moyenne du niveau de l'Océan 765, et therm. 16°,9 (1)] à 4.426 mètres au-dessus du niveau de la mer. Prenant en considération que les sommets des cônes les plus rapprochés du même endroit ne s'élèvent tout au plus qu'à 120 ou 130 mètres au-dessus du point où j'ai fait mes observations, il s'ensuit que la ligne des faîtes de la chaîne la plus élevée des Andes à la latitude de Copiapo ne s'élève pas à plus de 4.600 mètres au-dessus du niveau de la mer. On voit seulement du nord, à une distance d'environ 8 à 10 lieues (si ma vue ne me trompe pas), une montagne conique qui surpasse en hauteur les autres, et dont le sommet se trouve couvert de neige perpétuelle : mes guides ne savaient pas le nom de cette montagne.

Différence qu'on observe dans la configuration extérieure des deux pentes opposées du système des Andes.

En se plaçant maintenant au sommet des Cordillères, et portant successivement la vue de l'un et de l'autre côté des Andes, on voit un contraste frappant entre la configuration, les couleurs et les variétés de formes des montagnes qui composent la pente occidentale du système, et celles de la pente orientale appartenant aux provinces Argentines. Ainsi, en regardant du côté de l'Ouest, on voit, comme je viens de dire, un bouleversement complet dans le terrain soulevé : des failles et déchirements, des escarpements à pic, des stratifications contournées et interrompues; il n'y a pas deux montagnes qui soient de même forme et de même couleur. En portant ensuite la vue du côté de l'est, on voit des pentes douces, des

(1) C'est la hauteur que j'ai déduite d'environ deux mille observations que j'ai faites pendant deux ans de résidence à Coquimbo.

bancs de rochers presque horizontaux, et rarement interrompus. Leurs arêtes forment des lignes parallèles à l'horizon, et des teintes peu variées couvrent la majeure partie du tableau : à peine quelques pointes coniques, isolées, éloignées de la ligne des faîtes interrompent cette monotonie de relief.

Tout annonce que le principal mouvement qui survint à l'époque de la formation des Andes arriva du côté de l'Ouest, c'est-à-dire du côté où une ligne d'escarpements qui marquent le rivage actuel de l'Océan depuis le cap Horn jusqu'aux montagnes Rocheuses, continue à se soulever d'une manière lente et à peine perceptible, au mugissement des bruits sonterrains et sous l'influence des tremblements de terre répétés.

Cela explique pourquoi le même granite qui sort au jour ici, au sommet de ces montagnes gigantesques, perce tant de fois le terrain secondaire qui avait préexisté à l'époque de leur soulèvement, et forme en même temps l'arête occidentale des escarpements de la côte de l'océan Pacifique, c'est-à-dire de la partie la plus basse de ce système.

Cela pourrait aussi expliquer l'existence de ces nombreuses roches *d'injection* qui sortirent en déchirant latéralement les strates et les couches sur cette pente occidentale, et surtout cette abondance de filons métallifères qui affleurent sur cette pente, tandis qu'ils sont si rares et si pauvres de l'autre côté des Andes.

Il faut cependant dire que vers la même latitude, en face des montagnes de Huasco et de Copiapo, on trouve de l'autre côté des Andes, dans la province de San-Juan, la montagne de Famatina,

très-riche en mines d'argent et d'or. Les minerais de ces mines contiennent de l'argent natif, de l'argent rouge, de l'argent sulfuré, et en général, ressemblent aux minerais de Pasco et de Potosi. Il serait fort intéressant, autant pour la science que pour l'industrie minérale, de poursuivre la coupe transversale du système des Andes jusqu'au Cerro de Famatina, et de comparer ensuite cette coupe avec une autre qu'on ferait depuis Cobija jusqu'à Potosi, et une troisième prise depuis Callao jusqu'à Pasco et aux sources du Marañon, pour voir si cette montagne Cerro de Famatina ne forme déjà le premier chaînon des la seconde chaîne des Cordillères, à laquelle se rapportent les mines d'argent de Potosi et de Pasco.

Le malheureux état dans lequel se trouvent les provinces argentines, déchirées par une guerre civile qui n'a pas de fin, m'empêcha de réaliser une partie de ce plan. Il m'a fallu redescendre, et voici la succession de terrain que j'ai eu l'occasion d'observer en passant par la vallée du Rio Jorquera.

On retrouve de nouveau le même système de terrain en descendant par la vallée du Rio Jorquera.

Ce chaos de terrains qu'on observe en voisinage des dernières masses granitiques, et qui en grand ressemble à des glaçons récemment fracturés et charriés par un torrent, disparaît en approchant de ce même rocher el Pan, dont la grotte, comme nous venons de dire, se trouve dans des porphyres et brèches porphyriques rouges quartzifères. Cette grotte est tout bonnement une cavité produite par la désagrégation d'une couche inférieure arénacée, recouverte par une autre couche solide qui sert actuellement de toit à la partie désagrégée. La vallée du ruisseau qui, depuis ce point, porte le nom de Rio del Pan, descend dans la di-

Porphyres et conglomérals rouges.

rection N.N.O., et comme en général les couches du terrain soulevé et les masses soulevantes s'allongent parallèlement à la crête de la chaîne la plus élevée des Andes, il en résulte qu'en descendant dans cette direction, on suit ces couches de porphyres et brèches porphyriques rouges dans leur longueur. Ces couches contrastent singulièrement avec la partie accidentée du terrain situé à l'est; on les voit bien régulières, développées sur un grand espace, s'inclinant d'abord un peu à l'est, puis, presque horizontales, formant une espèce de bassin au milieu des montagnes environnantes. Ces roches même ont quelque chose de particulier dans leur aspect : la couleur rouge prédomine, et on voit dans la fracture des porphyres et brèches porphyriques des petits grains de quartz vitreux, qu'en général on ne rencontre que dans les porphyres bigarrés stratifiés. Les brèches sont pour la plupart à petits fragments anguleux de phorphyre rouge, ou de roches compactes rouges et brun foncé (argilolites), et deviennent parfois tellement molles et à fragments tellement menus, que la roche passe aux *tufs porphyriques et arénacés*, et même aux grès qui, par leur couleur et leur grain semi-cristallin, ressemblent au *nouveau grès rouge* et au *grès des Vosges*. Il peut se faire que ce groupe de porphyres et conglomérats rouges forme un étage à part au milieu de *porphyres bigarrés*.

Masses soulevantes qui correspondent à celles du granite du Cachito et de las Pircas.

A quatre lieues de el Pan (en cheminant toujours au N.N.O.), on voit tout d'un coup ces couches de porphyres et conglomérats rouges interrompues et coupées par une roche d'un gris cendré, compacte, feldspathique, contenant de l'amphibole, et semblable aux roches d'injection

que j'a souvent vues dans les montagnes situées au sud-est de Santiago. Cette masse s'élève presque verticalement de dessous les porphyres rouges, et à peu de distance de là, elle fait place aux roches granitiques qui se montrent des deux côtés de la vallée, ne laissant voir que quelques restes du terrain porphyrique qui se montre par intervalles, disloqué et accidenté, près du sommet des montagnes, sur la rive droite de la rivière.

La vallée prend en même temps beaucoup de largeur. Elle reçoit le ruisseau de la Quebrada del Cachito, que nous avons signalé dans notre ascension par le Rio Pulido, et depuis cet endroit, elle prend même le nom du Rio del Cachito. Aussi les granites qu'on y trouve présentent le même aspect et la couleur que ceux qu'on voit en face de ladite Quebrada, dans le Rio Pulido : c'est la même masse granitique allongée parallèlement aux Andes.

Dans cette vallée del Cachito, ayant une forme ovale et environ trois lieues de longueur, élevée à plus de 3.300 mètres au-dessus du niveau de la mer, on trouve les ruines d'un ancien village indien, composé d'une trentaine de huttes rondes de 2 à 3 mètres de diamètre, situées en ligne droite sur la rive gauche du ruisseau. Il ne reste de ces habitations que les murailles d'environ 2 pieds de hauteur, formées de pierres posées les unes sur les autres sans aucun ciment. A l'extrémité sud, on voit les hautes murailles d'une grande maison, composée de diverses pièces, qui probablement était la demeure du chef de la tribu. La vallée ne produit pas d'arbres, pas même d'arbustes : on n'y voit qu'une plaine marécageuse

couverte de plantes herbacées. Dans ces parages, l'eau gèle tous les matins, même pendant la saison d'été, et il commence à neiger au mois d'avril. On ne peut concevoir ce qui pouvait déterminer ces gens demi-nus à chercher d'établir leur séjour dans un parage aussi ingrat et aride, ayant des contrées d'un climat doux, tempéré, et on peut dire délicieux, vers la côte. Le fait est qu'on trouve de ces anciennes habitations sur toute la chaîne des Andes, depuis Copiapo jusqu'à Conception, à une hauteur de 3.000 à 3.200 mètres, et leurs ruines ne servent actuellement que de repaire aux lions, ou d'abri à quelques voyageurs surpris par les orages.

Brèche granitique.

A l'endroit où cette vallée se rétrécit, du côté du nord, on trouve une brèche à gros fragments de granites et syénites rouges, empâtés par une masse porphyrique grise. Les fragments sont composés du même granite qui se trouve dans le reste de la vallée, et la brèche est une des plus étranges que j'aie vues dans les Cordillères. Elle diffère des brèches stratifiées (appartenant aux terrains de porphyres bigarrés), en ce que ces dernières ne contiennent jamais de fragments granitiques. Le granite étant évidemment la roche soulevante, comment se fait-il que dans cette brèche c'est le porphyre qui empâte les morceaux de granite, et non pas le granite qui empâte le porphyre? Ce porphyre, bien entendu, ne doit pas être de même nature que ceux du terrain stratifié, mais analogue à ceux qui forment des dykes, de gros filons ou de gros amas au milieu des masses granitiques. Le fait est que le même granite qui forme les fragments de cette brèche granitique forme aussi des espèces de filons et veines irrégulières au

milieu de la même brèche; ce qui annonce que les deux matières de la même brèche, la pâte grise et le granite, ont dû se trouver en même temps à l'état pâteux ou de demi-fusion.

Coupe transversale des terrains depuis la ligne des faîtes jusqu'au confluent du rio Figueroa.

Ces brèches se trouvent à 3.209 mètres au-dessus de la mer. En continuant à descendre par la même vallée, on voit immédiatement que ces brèches ne se trouvent qu'au contact des granites de la vallée de Cachito, et qu'elles constituent la base sur laquelle s'appuie le terrain stratifié de *porphyres bigarrés*. On remarque aussi que depuis les dernières masses granitiques de Cachito, tout le système des couches du terrain secondaire plonge à l'ouest, en s'inclinant du côté de la roche soulevante; de sorte que pour représenter dans son ensemble toute la suite des roches depuis le sommet des Andes jusqu'ici, nous formerons la coupe suivante, *fig.* 3, *Pl. V*:

A, Masse arrondie granitique, formant la crête des Andes au Portezuelo de Come-Caballo: elle a tout au plus une 1/2 lieue ou 3/4 de lieue de ce côté.

B, Partie la plus accidentée du terrain secondaire entre la ligne des faîtes et el Pan (longueur d'environ 2 lieues).

C, Porphyres et conglomérats rouges (3 à 4 lieues de longueur).

D, Masse feldspathique porphyroïde avec amphibole, semblable aux roches d'injection
E, Granites et syénites rouges
F, Brèches à fragments du granite précédent
} (3 à 4 lieues).

G, Brèches porphyriques stratifiées ordinaires, faisant partie du groupe des porphyres bigarrés.

H, Porphyres bigarrés alternant avec les roches précédentes et renfermant des porphyres à noyaux de jaspe, de calcédoine, de zéolites, etc.

A deux lieues du rétrécissement de la vallée de Cachito, on arrive au confluent du Rio Turbio, qui descend de l'est, et qui depuis cet endroit coule dans la direction N.O. La vallée, depuis ce confluent, prend le nom de la vallée du Rio Turbio, et on n'y voit pas encore d'arbres ni d'arbrisseaux.

A six lieues plus loin, on arrive au confluent du Rio Figueroa. Dans ce trajet, on voit des couches presque horizontales de porphyres bigarrés alternant avec des gros bancs de 15 à 20 mètres de puissance, de brèches à gros fragments porphyriques, et au-dessus de ce groupe de rochers, qui ne présentent à l'extérieur que des couleurs noires ou brunâtres foncées, on voit les mêmes porphyres et conglomérats rouges que nous avons laissés de l'autre côté de la vallée de Cachito, et qui forment ici un système de strates réguliers, minces (de 1 à 5 décimètres d'épaisseur), d'un parallélisme presque parfait, reposant en stratification concordante les uns sur les autres. En même temps, tout ce terrain se trouve coupé par des filons pierreux porphyriques ou compactes noirs, et la stratification plonge légèrement à l'ouest.

Le Rio de Figueroa descend du N.E., et continue sa course vers le S.O., donnant son nom à la vallée principale, par laquelle passe le chemin.

Dans cette direction, elle arrive à six lieues depuis son confluent à la ferme de Jorquera, qui est le premier et presque le seul endroit habité dans toute la vallée, depuis le sommet des Cordillères jusqu'à las Juntas. C'est pourquoi cette longue vallée, qui depuis son commencement prend les noms de Rio del Pan, Rio del Cachito, Rio Turbio et Rio Figueroa, est connue sous le nom général de Rio Jorquera. Dans son cours, cette vallée coupe le système des terrains des Andes d'abord de S.E. au N.O., et puis de N.E. au S.O.

Il faut que je dise que, d'après les renseignements que j'ai recueillis, il y a un chemin qui, depuis le confluent du Rio Figueroa, monte par la vallée de ce Rio jusqu'à la montagne de soufre (Cerro de Azufre), la même dont j'ai déjà eu l'occasion de parler, en indiquant le chemin qui traverse le désert d'Atacama en passant par la Quebrada de Paypote. Je crois qu'un géologue qui visiterait ces pays devrait tâcher de faire une excursion par le Rio Figueroa au Cerro de Azufre, et que ce voyage lui donnerait une coupe de terrains très-intéressante sous tous les rapports.

Terrain fossilifère del Carricito analogue à celui de Manflas.

C'est à peu près à quatre lieues des maisons de la ferme de Jorquera, qu'on voit descendre du côté du sud un profond ravin nommé Quebrada del Carricito, dans lequel on voit des couches du même terrain fossilifère que nous avons examiné sur la montagne de Manflas. Ce terrain a ici tout à fait le même aspect et les mêmes caractères minéralogiques que celui de Manflas. Les couches sont parfaitement régulières, planes, divisées en strates de diverses épaisseurs, plongeant au N.O. sous un angle de 30 à 40°. Elles sont calcaires,

marneuses, ou formées d'un calcaire sablonneux et argileux : les fossiles qui s'y trouvent en très-grande abondance sont des peignes de 2 à 3 décimètres de diamètre. On remarque qu'ici tout le groupe de ces roches calcaires se trouve intercalé au milieu des couches de porphyres et brèches porphyriques stratifiées ; c'est-à-dire qu'on les trouve recouvertes par les mêmes roches porphyriques que celles sur lesquelles elles se reposent, et qu'elles participent à l'inclinaison générale que présente ce dernier système, dont les couches plongent à l'est.

Avant d'arriver à la ferme de Jorquera, on voit la vallée se rétrécir considérablement, par suite d'une masse de roches soulevantes qui la font dévier de sa direction, et qui la font descendre vers le S. S. O. Ces roches, qui ont produit, dans le terrain stratifié, des dislocations faciles à apercevoir, se trouvent accompagnées de masses de kaolins, que je considère comme des roches métamorphiques des deux terrains.

La ferme de Jorquera se trouve à 1.969 mètres au-dessus du niveau de la mer. La végétation y est encore bien pauvre ; on n'y voit pas d'arbres, et les gelées survenues au commencement du mois de mars avaient détruit tous les légumes dans le jardin : on obtient cependant de très-bonnes récoltes de froment à cette hauteur. Le majordome de cette ferme m'assura qu'il neige beaucoup dans cette vallée pendant l'hiver, mais qu'il n'y pleut jamais.

Granites qui correspondent à ceux de la Iglesia Colorado.

En descendant de la ferme de Jorquera vers las Juntas, on trouve, à peu près à deux lieues de chemin, le granite. La roche est dioritique, tout

à fait semblable aux diorites de la côte. Là où cette roche sort au jour, la vallée tourne à l'ouest, mais bientôt elle reprend sa direction S.S.O, et le granite replonge sous le terrain stratifié. Il continue cependant à se montrer au fond de la vallée et à peu près à mi-pente des montagnes qui l'encaissent. Le reste, c'est-à-dire tout ce qu'on voit au-dessus de ce granite, consiste en couches de *porphyres bigarrés*, presque horizontales, et formant un groupe de roches du terrain secondaire qui n'a que 150 à 200 mètres d'épaisseur. C'est un très-bon endroit pour observer le contact de deux terrains : tantôt on voit les couches supérieures échancrées et fracturées par ces mêmes diorites qui les soulèvent, tantôt on n'y voit aucune trace de dislocations violentes. En général, on voit presque toujours la roche stratifiée soudée ou refondue avec la roche soulevante, de sorte qu'il n'existe jamais une ligne de séparation des deux terrains aussi nette que celles qu'on voit en Europe au contact de deux terrains de sédiment appartenant à des formations différentes.

A trois lieues plus bas, les diorites passent aux granites proprement dits, composés de quatre éléments et traversés par des filons de quartz micacé. La vallée tourne au S. O., et à une lieue plus loin, on se trouve de nouveau au milieu des porphyres stratifiés.

Porphyres stratifiés et couches fossilifères sur la prolongation de celles de la montagne de Manflas.

C'est dans cette nouvelle apparition du terrain stratifié, et à peu près à deux lieues de las Juntas, qu'on retombe sur des couches calcaires fossilifères, identiquement les mêmes que celles de la montagne de Manflas. Elles plongent, comme tout le terrain depuis le sommet des Cordillères, à

l'ouest, et on les voit intercalées entre les couches de porphyres et brèches porphyriques. Elles ne forment qu'un lambeau de ce terrain, n'ayant que 30 à 40 mètres d'épaisseur; elles se composent des mêmes calcaires marneux et argileux que l'on trouve à Manflas, et on y voit des bancs de 8 à 11 décimètres de puissance presque entièrement composés de débris organiques. On trouve dans ces couches les mêmes fossiles, les mêmes gryphées, térébratules, ammonites et peignes, que nous avons vus à la montagne de Manflas. Elles doivent même se trouver sur le prolongement de cette dernière. Ici, elles descendent jusqu'au fond de la vallée, qui s'élève à 1.315 mètres au-dessus de la mer.

Ce terrain stratifié occupe une partie de la côte occidentale de la vallée; on le voit affleurer sur une longueur de 300 à 500 mètres, et sur une largeur d'environ 200 mètres; puis il se cache en partie sous les roches compactes rouges, ne contenant pas de fossiles, en partie sous les porphyres et les détritus des montagnes plus élevées.

En retournant à las Juntas, on est obligé de redescendre la même vallée de Copiapo, par laquelle on est monté.

§ II. CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DES TERRAINS SITUÉS ENTRE LES VALLÉES DE COPIAPO ET DE COQUIMBO. — MINES D'ARGENT DE CHANARCILLO ET DE AGUA AMARGA.

Après avoir parcouru les terrains du système des Andes chiliennes, depuis la mer jusqu'à la ligne des faîtes, sous la latitude de Copiapo, voyons ce que deviennent ces terrains dans leur prolongement au Sud. Déjà nous avons vu, dans la coupe transversale de ce système, qu'il y a un point fort important qui influe autant sur la nature des roches que sur celle des filons, et que ce point se trouve à peu près à 2 lieues à l'est de Copiapo, à la première ligne de contact des roches granitiques de la côte avec les roches de terrain stratifié. Nous avons remarqué : 1° qu'à partir de la mer jusqu'à cette ligne de la séparation des deux terrains, on ne trouve que des filons d'or et de cuivre, ne contenant pas de minéraux d'argent, d'arsenic ou d'antimoine; 2° que sur cette *ligne de contact* de terrains de différente nature, et en partant de cette ligne vers les Andes, on voyait d'abord des filons argentifères produisant des chloro-bromures d'argent et de l'argent natif (Ladrillos), puis beaucoup plus à l'est, des filons cuivreux arséniés et argentifères (San-Antonio), et encore plus à l'est, des filons plombifères (Cerro Blanco); 3° qu'à partir de ces derniers on traverse tout le système des Andes, qui a encore plus de 20 lieues à la ligne de la séparation des eaux, sans rencontre de filons métallifères.

On voit d'après cela que le géologue qui aurait pour but l'étude du système de ces terrains suivant leur direction devrait les parcourir d'abord à la distance d'environ 6 à 7 lieues de la mer, pour

examiner toutes les variétés des roches du groupe granitique littoral et les filons qui les traversent; secondement, faire le même voyage à peu près à la hauteur de la ligne de séparation des deux terrains; troisièmement, parcourir l'étage moyen du terrain secondaire, à la hauteur où se montrent les filons de cuivre gris et de galène.

De ces trois voyages, celui qui sans contredit offre le plus d'intérêt au géologue, c'est le voyage qu'on ferait en poursuivant toutes les sinuosités de la première *ligne du contact*, c'est-à-dire de la ligne des premiers escarpements stratifiés qu'on franchit près de la Tierra-Amarilla. C'est ici que se découvre un vaste champ pour les spéculations des gens qu'on nomme dans ce pays *catéadores*, et qui courent après la recherche des mines. Malheureusement, tout le pays qui s'étend à cette hauteur est tellement désert, dépourvu d'eau et de paturages, qu'en général les voyageurs, et surtout les *arriéros* ou loueurs de mules, le redoutent et le parcourent le plus vite possible, sans s'arrêter ni s'écarter du chemin. En effet, dans tout le trajet de 50 à 60 lieues de longueur, de Copiapo à Vallénar, on ne trouve que deux petites sources d'eau tellement pauvres, que celui qui y arrive le premier avec une douzaine d'animaux, ne laisse pas ce jour-là une goutte d'eau pour les autres. Le seul moyen qui reste pour visiter lentement ces tristes parages, est d'attendre une bonne année qui apporte deux ou trois pluies en hiver, et de profiter alors de l'occasion pour faire ce voyage au commencement du printemps. On assure que toutes ces montagnes qui, pendant des années entières, restent aussi arides que l'intérieur des carrières de Montmartre, se couvrent

alors des plus belles fleurs au milieu desquelles un géologue peut se promener sans être pressé par les *arrieros*. Mais ces années sont très-rares; elles n'arrivent que tous les 8 à 10 ans, et pendant mon séjour au Chili je n'en ai pas vu une seule qui me permît de faire cette excursion de la manière dont je l'aurais désiré.

Il y a deux chemins qui passent près de la ligne du contact des deux terrains entre Copiapo et Vallenar (entre la vallée transversale de Copiapo et la vallée transversale de Huasco). Le premier, nommée *Camino de travesia*, passe un peu à l'ouest de cette ligne, et traverse une plaine sablonneuse complétement aride, jouant dans la configuration extérieure et dans le groupement géologique de terrains du Chili, le même rôle que la plaine de Santiago, qui se prolonge depuis la côte de Chacabuco jusqu'à Chillan, et dans laquelle se trouvent beaucoup de villes, et plus du tiers de la population de cette république. C'est une plaine tertiaire, ayant dans quelques endroits plus de 2 lieues de largeur, entourée de montagnes basses, arrondies et granitiques. Elle se ramifie très-irrégulièrement du côté de l'Ouest, et présente un archipel d'îles granitiques au milieu d'une mer de sable où on ne voit que des petites trombes de poussière qui se meuvent, emportées par les courants ascendants de l'atmosphère. Le naturaliste qui prendrait ce chemin ne verrait rien d'intéressant, et n'aurait qu'à donner de l'éperon à son cheval pour arriver plus vite à la belle vallée de Huasco.

Le second chemin, *camino de Arriba*, passe un peu à l'Est de la ligne du contact des deux terrains, et touche aux mines d'argent de Cha-

ñarcillo, d'Algarrovito, etc. C'est par ce dernier chemin que j'ai fait mon voyage en 1843, en retournant des Cordillères de Copiapo, et je vais rapporter ici les notes que j'ai prises dans ce voyage.

Le point le plus intéressant qui se trouve sur ce chemin est la montagne de Chañarcillo; c'est par conséquent l'endroit qui va nous arrêter plus longtemps.

Coupe de terrains, depuis la vallée de Copiapo aux mines d'argent de Chañarcillo.

Prenons pour point de départ cette même Punta del Diablo (*Pl. IV*) que nous avons laissée à droite dans notre excursion précédente, et qui se trouve à peu près à 3 lieues en ligne droite à l'est de la *ligne du contact* des deux terrains. Un profond ravin, long et étroit, se dirige de cet endroit vers le sud, et, par ce ravin, passe le chemin principal qui conduit aux mines de Chañarcillo.

Voici la suite de roches principales qu'on rencontre sur ce chemin depuis la vallée de Copiapo jusqu'à Chañarcillo.

1) Les roches qui se trouvent à l'entrée du ravin, près de la Punta del Diablo, sont porphyroïdes, traversées par des filons pierreux quartzifères, et présentant les caractères des roches de l'étage inférieur des *porphyres bigarrés*. Elles forment des couches épaisses, dont les divisions par strates se distinguent à peine des divers systèmes de fentes qui coupent ces roches.

2) A quelques centaines de mètres de la Punta, on se trouve au milieu de roches compactes, noirâtres, faisant effervescence avec les acides et donnant 60 à 66 p. o/o de résidu insoluble dans les acides, et 15 à 20 p. o/o de carbonate de chaux. Parmi ces roches il y en a qui sont plus siliceuses que les autres, et qui sont d'un noir grisâtre, à

cassure conchoïde, très-homogènes et parfaitement compactes. Ces roches se composent de trois éléments qui sont : le carbonate de chaux, une argile ferrugineuse hydratée attaquable par les acides, et une autre tout à fait inattaquable par ces derniers. Un échantillon de ces roches donna à l'analyse :

0,26 de carbonate de chaux,
0,57 d'argile inattaquable,
0,17 d'argile attaquable contenant : { 0,10 fer et alumine, 0,03 silice soluble dans la potasse, 0,04 eau. }

1,00

Ces trois éléments s'y trouvent à l'état d'un mélange tellement parfait et intime, qu'on n'aperçoit pas dans sa structure de grains ni de molécules hétérogènes.

3) Au milieu de ces roches, on voit, dans un défilé très-étroit et à parois verticales, un banc de roches de même nature que les précédentes, mais pétri de bivalves, qui, je crois, ressemblent à une espèce de gryphée assez commune dans les terrains fossilifères de Manflas et de Jorquera.

4) Viennent après une suite innombrable de couches de diverses épaisseurs, très-régulières, gardant un parallélisme parfait. La plupart de ces couches se composent d'un schiste calcaire très-siliceux, noir, âpre au toucher, parfaitement compacte, semblable à la pierre lydienne : ces roches, dont la couleur est due à quelques traces de bitume dont elles sont imprégnées, forment ordinairement des lits de 1 à 2 décimètres d'épaisseur, alternant avec d'autres assises de roches plus tendres et plus calcaires. La composition de ces roches varie si peu de celles du n° 2, qu'un échantillon pris à plus

d'une lieue de distance de l'endroit où on avait pris l'échantillon dont on vient de donner l'analyse (2), se trouva composé de :

0,22 de carbonate de chaux		(sans magnésie),
0,61 d'argile inattaquable,		
		0,09 fer, alumine,
0,17 de partie soluble :		0,04 silice soluble dans la potasse
0,99		0,04 eau.

Tout ce système de schistes calcaires plonge à l'est, ou plutôt au S.E., sous l'angle de 45 à 50°, et occupe 5 à 6 lieues de terrain depuis la Punta del Diablo jusqu'à Ingenio.

5) A partir de ce dernier endroit, et en remontant toujours le même terrain vers le sud, on voit des roches de compositions analogues à celles que je viens de décrire, mais elles deviennent de plus en plus calcaires. On y trouve parmi les pierres roulées des fragments d'ammonites et de térébratules, mais je n'ai pas vu dans cette partie de la montagne (sur la pente septentrionale) de couches fossilifères en place.

On remarque seulement que ces couches, qui en général se succèdent les unes aux autres, sans dévier de leur parallélisme, présentent dans quelques parties de la montagne des failles et déchirures locales, par suite de quelques roches porphyroïdes qui parfois apparaissent, formant des espèces de filons-couches ou des amas de peu d'étendue.

On y trouve aussi, dans quelques localités (comme, par exemple, à une demi-lieue d'Ingenio, sur le chemin qui conduit aux mines), des roches porphyriques semblables à celles qu'on rencontre dans la partie inférieure de quelques mines

de Chañarcillo, et que nous verrons bien développées dans la montagne de Agua Amarga.

Excepté ces roches, qui sont toujours subordonnées à celles des nos 2, 4 et 5, on n'observe aucune modification notable dans le système de roches calcaires argileuses jusqu'au pied de Chañarcillo.

En arrivant maintenant à la même montagne du côté de l'est, par un chemin qui se sépare de la vallée de Copiapo, en face de Hornillo, et qui passe par Molle, on rencontre des roches tout à fait semblables aux précédentes, et qui se suivent dans l'ordre suivant :

1) Les couches les plus inférieures, celles qui touchent au fond de la vallée sont des porphyres bigarrés, les mêmes qui s'étendent dans toute la longueur de cette vallée depuis Potrero Seco jusqu'à Punta Brava.

2) Calcaires argileux semblables aux roches de la partie inférieure de la montagne de Manflas (ayant environ 50 mètres d'épaisseur).

3) Schistes argilo-calcaires et marnes feuilletées fossilifères contenant des fragments de peignes et quelques coquilles turbinées : roches tout à fait semblables à celles de la partie haute du terrain de Manflas. Les roches occupent ici un terrain d'environ 80 mètres d'épaisseur, et arrivent jusqu'au sommet de la côte. Ici commence un large plateau qui s'étend jusqu'à Chañarcillo.

4) Ce plateau, qui s'allonge dans la direction N.E.-S.O., est d'abord formé de roches calcaires semblables aux précédentes, mais ensuite on les voit remplacées par des porphyres argileux et des brèches porphyriques, qui ont environ 4 lieues d'étendue.

5) Ces dernières arrivent jusqu'à Molle, où on

retrouve le même système de roches argilo-calcaires que nous avons signalées du côté nord-ouest de Chañarcillo. Ces roches calcaires alternent encore dans quelques parties du terrain avec des assises de roches porphyriques; ce qui fait voir que ce groupe de roches calcaires appartient à la même époque géologique, au même *terrain*, que les porphyres bigarrés.

Parmi les couches calcaires qui se montrent de ce côté de la montagne de Chañarcillo, il y en a qui contiennent beaucoup de débris organiques, notamment des coquilles univalves turbinées (turritella Andii, *d'Orb.*), deux espèces de peignes et des térébratules comme celles de Manflas.

A partir de Molle, on descend par un ravin qui court de l'est à l'ouest, et arrive jusqu'au pied de la montagne de Chañarcillo. Dans ce trajet, comme dans celui du chemin d'Ingenio, on remarque que tout le système de stratification de ce terrain plonge à l'est et se prolonge dans la direction du méridien magnétique, à l'exception des couches de la partie de la montagne qui renferme les filons d'argent, et dans laquelle on exploite les mines. En effet, les couches de cette partie sont presque horizontales, et en les observant de loin, on voit qu'une certaine cause locale les a retenues et empêchées de participer au mouvement général qu'a subi le terrain.

Passons maintenant à la description de la montagne de Chañarcillo et des mines d'argent que l'on y exploite.

Chañarcillo.

Situation. La montagne de Chañarcillo (*Pl. VI*) se trouve à peu près à 14 ou 15 lieues en ligne directe de la

côte; mais on compte 33 à 34 lieues de Chañarcillo au Port de Copiapo, en passant par la vallée de Copiapo et la Quebrada del Ingenio. Cette montagne est plus rapprochée de Vallenar, qui est le chef-lieu du département du Haut-Huasco, que du port de Copiapo. Les environs sont tout à fait arides; les habitations les plus rapprochées sont à 7 lieues des mines du côté du nord, et on n'en trouve du côté du sud qu'à 28 lieues de distance, dans la vallée de Huasco: quant à la partie de l'est et de l'ouest, un désert aride s'étend depuis la mer jusqu'au sommet des Andes. Dans tous les environs, il n'y a de l'eau qu'à Ingenio et à Molle, et encore on n'y trouve que des sources qui suffisent à peine aux besoins des mineurs qui travaillent à Chañarcillo.

Le climat de cette montagne est très-doux et tempéré; mais il n'y pleut que tous les 8 à 9 ans. Malgré cela, le ciel y est couvert presque tous les matins par des brouillards qui viennent de la mer, et qui descendent lentement par la *travecia*, où ils disparaissent sur les 10 à 11 heures avant midi. Il est rare que le thermomètre y monte à plus de 20° C. à l'ombre, et qu'il descende au-dessous de +9°. Du reste, le vent de l'ouest souffle pendant la journée comme sur toute la côte du Chili, le calme vient à la nuit tombante, et le *terral* avant le jour. Climat.

La montagne de Chañarcillo s'élève à 1.226 mètres au-dessus du niveau de la mer. C'est à peu près la même hauteur que celle des mines d'argent de San Antonio, Agua Amarga, Arqueros, Algodones, etc. Elle est terminée à son sommet par un plateau d'environ 500 mètres de longueur du S.O. au N.E., et 100 mètres de largeur. Les pentes sont beaucoup plus rapides du côté de l'ouest que du Hauteur et topographie.

côté de l'est, et elle se trouve coupée ou séparée des autres montagnes de tous côtés, excepté du côté du nord, où elle se rattache à un chaînon de montagnes qui la dominent.

Deux profonds ravins descendent de la partie la plus élevée, et en même temps la plus riche du plateau. L'un d'eux se dirige au S.O, et l'autre au S.S.E. Ces deux ravins, comme on le verra dans la suite, correspondent pour ainsi dire à deux principaux filons de la montagne.

A l'extrémité méridionale de celle ci se trouvent deux hautes collines, l'une conique et l'autre ovale, qui par la régularité des couches dont elles se composent, et qui affleurent également de tous côtés, présentent des formes en limaçon lorsqu'on les observe du haut de la montagne : ce qui fait qu'on a l'habitude de les appeler montagnes à limaçons ou *caracoles*.

Toute la montagne, depuis le point le plus élevé du plateau du côté du nord (près de la mine la Gloria) jusqu'à son extrémité méridionale, où se trouvent les deux collines à limaçon, n'a que 1.500 à 1.600 mètres d'étendue, et occupe en largeur un espace d'environ 800 mètres. C'est aussi l'espace dans lequel se trouvent comprises toutes les mines d'argent de Chañarcillo.

Une large vallée du côté de l'ouest sépare ces mines d'une montagne plus élevée que celle de Chañarcillo, et dans laquelle se trouvent les mines d'argent de Pajonales, et une autre vallée du côté de l'ouest les sépare d'un groupe de montagnes dans lesquelles, à peu près à 3 lieues au sud-est de Chañarcillo, on exploite les mines d'argent de Bandurrias. Enfin, au pied de l'extrémité sud de Chañarcillo commence la grande *travecia*, ou

plaine sablonneuse dont j'ai déjà eu l'occasion de parler.

Décrivons maintenant la constitution géologique de cette montagne :

Tout le terrain de Chañarcillo se compose de roches calcaires, compactes ou terreuses, plus ou moins argileuses, quelques-unes dolomitiques, d'autres ne contenant presque pas de traces de magnésie. On n'y voit pas de grès, ni de schistes proprement dits; point de conglomérats ni de roches à structure cristalline. Toute la montagne est formée de couches régulières, presque horizontales ou légèrement inclinées à l'ouest en stratification concordante. Tout, dans l'aspect de ce terrain, annonce une période de tranquillité et une continuité de causes agissantes. Terrain. Roches.

L'argile de ces roches se compose de deux parties distinctes, dont l'une est une argile blanche, inattaquable par les acides, tandis que l'autre est un hydrosilicate d'alumine et de fer attaquable par les acides, dont la silice est soluble dans une solution de potasse. C'est surtout la proportion très-variable de cette dernière argile, qui fait varier l'aspect de la roche, sa compacité, sa cassure, et qui influe peut être sur la richesse des filons qui la traversent.

La couleur grise, plus ou moins bleuâtre, qu'ont la plupart de ces roches n'est pas due au bitume, mais au silicate de protoxyde de fer qu'elles renferment. Aussi elles donnent des résidus blancs, lorsqu'on les fait bouillir avec l'acide muriatique.

Je n'ai pas trouvé de débris organiques dans toute la partie de la montagne qui renferme les filons métallifères, quoiqu'on en trouve, comme je viens de dire, autant sur le chemin de l'est,

près de Molle, que sur le chemin du nord-ouest, aux environs d'Ingenio. On m'a cependant assuré qu'on trouva une ammonite dans la roche encaissante de la mine de Reventon Colorado, à plusieurs vares de profondeur au-dessous de la surface.

Il y a environ 300 mètres de distance verticale du sommet du plateau aux travaux les plus profonds de la mine la plus basse de cette montagne, et on pourrait distinguer trois parties ou étages sur cette épaisseur du terrain, comme l'indique la coupe, *fig.* 4, *Pl. V.* Commençons par en haut.

(A) Étage supérieur. – *Manto.*

(A) Le plateau du sommet de la montagne se compose d'une couche dont l'épaisseur varie à cause de l'inégalité de la surface, mais qui dans la partie nord-est atteint 25 à 30 mètres d'épaisseur. Cette couche se compose d'une roche marneuse dolomitique contenant plus du tiers de son poids d'argile. Sa couleur est d'un gris jaunâtre et sa cassure plane, couverte de dendrites. Toute la roche se trouve fendillée en tous sens, et souvent remplie de cavités et de vides produits par ce même fendillement. Les surfaces des fentes, comme aussi celles des cavités, sont couvertes de tout petits cristaux éclatants de chaux spathique. On trouve aussi de ces mêmes cavités remplies de fragments anguleux de la même roche, et chaque fragment couvert de tous côtés de la même croûte cristalline que les parois des cavités. On voit même, sur la pente orientale du plateau, une partie de cette couche tellement fracturée, qu'elle se présente comme une réunion d'énormes blocs anguleux de la même roche, et les interstices que laissent entr'eux ces blocs se trouvent remplis d'une matière marneuse, pulvérulente comme de la craie, mélangée de petites pierres de la même couche.

Cette matière pulvérulente donna à l'analyse :

Carbonate de chaux.	0,335
Carbonate de magnésie. . . .	0,052
Alumine et oxyde de fer. . .	0,101
Silice soluble dans la potasse. .	0,170
Argile inattaquable.	0,270
Eau et perte.	0,072
	1,000

C'est au milieu de cette couche, dans les fentes, les vides et les cavités de la roche, qu'on a trouvé des masses considérables de minerai chloro-bromuré d'argent. En général, l'aspect extérieur de cette roche, ses innombrables fentes et dislocations, ses vides et cavités remplis de morceaux fracturés de la même roche, tout dénote que cette partie de la montagne a éprouvé sur place des secousses réitérées, postérieures à sa formation, et indépendantes du mouvement qu'a subi le reste du système. Nous nommerons cette partie de la montagne *couche du plateau*; les mineurs ont l'habitude de la distinguer des parties inférieures du même terrain par le nom de *manto* (couche).

(B)Étage moyen.

Couches stériles : *Mesa-Piedra.*

(B) Au-dessous de cette couche vient une suite de couches de diverses épaisseurs qui composent cette partie de la montagne que les mineurs appellent *mesa-piedra*, et qu'ils considèrent comme entièrement stérile, parce que la plupart des filons qui la traversent deviennent pauvres ou entièrement stériles. Les roches qui constituent cet étage diffèrent peu, quant à leur composition, des roches qui sont au-dessous; elles sont en général plus argileuses, plus compactes, se cassent suivant des fissures, de sorte qu'il est très-difficile d'obtenir une cassure fraîche. En outre, les surfaces de cassure présentent ordinairement

des dessins dendritiques, et la roche exhale une forte odeur d'argile en haleinant dessus.

Un échantillon de roche de cette *mesapiedra*, pris dans la mine de Valenciana, donna 58 p. 100 d'argile inattaquable, et 6 p. 100 d'argile attaquable par les acides.

Les couches de cette partie de la montagne sont plus régulières que celles d'en haut, et ne présentent pas les mêmes fentes et cavités que nous avons signalées dans la précédente : tout cet étage de la *mesa-piedra* a environ 100 mètres d'épaisseur.

(C) Etage moyen. Couches productives. — ***Mantos pintadores.***

(C) A peu près à 130 mètres au-dessous de la surface du plateau, commencent les couches que les mineurs appellent *mantos pintadores* ou couches qui font enrichir les filons. La roche la plus commune de cet étage est un calcaire argileux contenant environ 40 p. 100 de résidu inattaquable par les acides, et ne renfermant que quelques traces de magnésie. Sa couleur est d'un gris bleuâtre, moucheté de jaune; sa structure est compacte, sa cassure conchoïde, esquilleuse dans quelques parties. En général, cette roche ressemble beaucoup aux calcaires les plus répandus dans le terrain de muschelkalk en Europe.

L'étage qui comprend toutes ces couches, ou *mantos pintadores*, renferme la principale richesse des mines de Chañarcillo et le véritable gisement des minerais chloro-bromurés d'argent. Il descend à 30 ou 40 mètres au-dessous de la surface dans la mine de San José, qui se trouve située à la partie basse de la montagne. Les deux collines en limaçons se trouvent aussi dans la même région, et je crois ne pas me tromper beaucoup en évaluant à 120 mètres l'épaisseur de tout cet étage, qui, du reste, se trouve divisé en couches de di-

verses épaisseurs, mais toujours formées de la même roche. En effet, celle-ci ne souffre que de très-légères modifications dans sa structure et sa couleur, et ses couches sont ordinairement épaisses, quelquefois séparées par un lit extrêmement mince d'une argile jaunâtre.

(D) Étage inférieur.

(D) Au-dessous de cet étage, à peu près à 240 mètres au-dessous de la surface du plateau (A), on arrive à une seconde *mesa-piedra*, semblable à celle d'en haut (B), laquelle fait disparaître les minerais dans les filons, de la même manière que l'autre. Elle se compose de roches plus argileuses, plus dures et plus compactes que celles de l'étage précédent (C), et elle ne paraît pas être moins épaisse que celle d'en haut (B). On ne l'a observée jusqu'à présent que dans la mine de San José, et par conséquent on ne peut pas encore décider si elle rend en effet les filons stériles dans toute l'étendue de la montagne, ou seulement dans la mine citée.

C'est aussi dans cette dernière, au fond des travaux les plus profonds de toute la montagne, qu'on est arrivé à une roche porphyroïde semblable à celle qu'on voit sur le chemin d'Ingenio à Chañarcillo. Cette roche fait effervescence avec les acides; on voit dans son intérieur de tout petits cristaux incomplets feldspathiques disséminés au milieu d'une pâte grise, et les fentes de cette roche sont enduites d'une argile rouge. On a trouvé cette roche composée de :

Carbonate de chaux. . .	0,076	
— de magnésie.	0,034	
Partie attaquable par les acides.	0,316	tenant 0,08 de silice soluble dans la potasse.
Partie inattaquable. . .	0,572	
	0,998	

J'ajouterai seulement d'abord, que les roches argileuses, celles qui contiennent une petite proportion de carbonate de chaux, prennent quelquefois une structure schistoïde, comme on en voit l'exemple sur la pente occidentale de la montagne, près de Bolaco Nuevo; secondement, qu'en allant du côté du nord-est, vers les montagnes qui touchent à celle de Chañarcillo, on rencontre quelques assises de roches porphyriques, qui ont les mêmes caractères extérieurs que la roche citée sur le chemin de Ingenio, et les roches que nous verrons plus développées dans la montagne de Agua Amarga.

Passons maintenant à la description des filons.

Filons.

Beaucoup de filons et de veines métallifères coupent et traversent la montagne de Chañarcillo; mais au milieu de tous les filons qu'on a exploités jusqu'à présent, on distingue particulièrement :

Trois parties principales du gisement.

(1) Le filon de *la Descubridora* (*corrida de la Descubridora*).

(2) Le filon de *la Colorada* (*corrida de la Colorada*).

(3) Une couche-filon nommée *manto*, située dans la couche du plateau (A).

Les deux premiers sont inclinés et ont des directions différentes : l'un, qui est le filon de la Colorada, court de N.29° à 30°O. au S.29 à 30°E., et l'autre, le filon de la Descubridora, dévie peu de la direction de l'aiguille aimantée, quoique son affleurement, à cause de l'inclinaison de ce filon à l'est, et de la pente sur laquelle il affleure, marque sur le plan une direction N.N.E. Tous les deux plongent à l'ouest; mais celui de la Colorada se rapproche beaucoup plus de la verticale que l'autre : les mineurs admettent que celui-là

recule de 5 à 6 vares vers l'ouest par chaque 100 vares de hauteur verticale, tandis que le dernier recule jusqu'à 25 vares pour la même distance verticale.

Tous les deux ont été reconnus et exploités sur une longueur de plus de 1.200 mètres, et on les a trouvés de même nature quant à leurs minerais, leurs gangues et la distribution de leur richesse. On remarque surtout une constance parfaite dans leur direction et leur inclinaison.

Quant au *manto*, il diffère entièrement de chacun les deux, comme nous verrons dans la suite.

Je vais rapporter quelques détails sur chacun de ces trois filons principaux.

(1) Le *filon de la Descubridora* (*corrida* ou *veta real de la Descubridora*) a été connu le premier de tous. Sa gorge (garganta), c'est-à-dire le point où il commence à être visible à la surface de la partie haute de la montagne, se trouve immédiatement au-dessous de la *couche du plateau* (A) et sur un escarpement de la pente sud-est de cette montagne. Il ne perce pas cette couche ; au contraire, cette dernière le coupe et le fait disparaître complétement. Dans cette gorge, tout près de la surface, on trouva une masse considérable de minerai excessivement riche, composée de chlorure d'argent et d'argent métallique ; mais cette masse s'y trouva concentrée sur un seul point, à partir duquel le filon devint stérile, et il fallût descendre à peu près à 80 mètres plus bas pour arriver à l'endroit où ce filon recommençait à devenir riche. C'est à peu près à cette distance de la *gorge* du filon que se trouve l'entrée principale de la mine nommée la Descubridora, et à partir de là on a poursuivi les travaux d'exploita-

(1) **Filon de la *Descubridora*.**

tion jusqu'à plus de 100 mètres de profondeur, sans cesser d'en tirer 12.000 à 15.000 marcs d'argent tous les ans. Arrivé à cette profondeur, le filon cessa tout d'un coup d'être productif; cet endroit se rapproche probablement de la seconde *mesa-piedra* (D), que nous verrons faire disparaître l'argent dans la mine de San José. On voit que toute l'épaisseur du terrain, depuis la *gorge* jusqu'à l'entrée principale de la mine, correspond à l'étage de la première *mesa-piedra* (B), et que tout ce qui suit depuis cette entrée jusqu'à l'endroit où le minerai d'argent disparut, constitue l'étage des *mantos pintadores* (C). On observe que les couches de ces *mantos* de la mine de la Descubridora se trouvent souvent divisées par des lits d'argiles et marnes argileuses friables, terreuses, et que la roche même y est fissurée dans beaucoup d'endroits, et présente quelques traces de dislocations semblables à celles de la couche supérieure (A).

Le filon a ici 7 à 8 décimètres de puissance, et dans quelques endroits, près du sol, devient plus large. Les mineurs le considèrent comme composé de deux filons qui courent parallèlement l'un à l'autre, et qui, tantôt se réunissent et n'en forment qu'un seul, tantôt se séparent, sans jamais s'éloigner de plus de 5 à 6 décimètres l'un de l'autre. On y remarque en outre une veine qui les accompagne, et c'est à la jonction de celle-ci avec les autres qu'ordinairement on rencontre des masses considérables de minerais.

La gangue des minerais de cette mine a toujours été carbonatée, mélangée d'une argile ferrifère. Les carbonates qui entrent dans sa composition sont des carbonates de chaux, de fer, de

magnésie, de zinc et de manganèse. Le sulfate de baryte y est moins abondant que dans les autres mines d'argent du Chili. La partie métallifère des minerais se compose principalement de chloro-bromures d'argent, mélangés d'argent natif et d'une petite proportion de sulfure et de sulfo-arséniure d'argent. Cependant, ces minerais chloro-bromurés ne se montrent pas en égale abondance dans toute l'épaisseur de cet étage de *mantos pintadores*. Ils proviennent particulièrement de la partie supérieure du filon, jusqu'à la distance de 60 à 70 mètres au-dessous de l'entrée de la mine. A partir de cette profondeur, la gangue devient de moins en moins calcaire, et le minerai change de nature. D'abord c'est le chlorure pur ou mélangé de sulfure qui remplace les chloro-bromures, puis la proportion de sulfure d'argent, d'argent antimonié, d'arsenic natif et d'argent rouge arsénié (rubin blende) commence à augmenter : de sorte qu'à une profondeur d'environ 100 mètres au-dessous de l'entrée de la mine, on ne trouve presque pas de trace de chloro-bromure, et les minerais deviennent sulfo-arséniurés et antimoniés.

A la suite de la mine la Descubridora, se trouvent encore dans le même filon trois propriétés de mines nommées la *Carlota*, la *Santa Rita* et *San Felis*. Toutes les trois ont produit des gangues et des minerais de même nature que la Descubridora. Seulement, comme elles sont situées beaucoup plus bas que celle-ci, leurs minerais chloro-bromurés disparurent plus vite, et elles n'ont jamais produit de richesses comparables à celles de la Descubridora. On a aussi remarqué que les minerais qu'on extrait de la partie inférieure de ces trois dernières mines se trouvent mélangés de

galène et de carbonate de plomb, dont on ne trouve pas de traces dans ceux de la première.

(2) Filon de la Colorada.

(2) Le *filon de la Colorada* est aussi connu sous le nom de *filon de San Francisco*. Sa *gorge* ou *tête de filon* se trouve aussi immédiatement au-dessous de la *couche du plateau* (A), et sur un escarpement tout à fait semblable et situé de la même manière que celui de la gorge du filon précédent; il ne se montre que sur la pente méridionale de la montagne et se trouve coupé par la couche supérieure (A) qui ne lui permet pas d'affleurer à la surface du plateau.

La Valenciana.

La première propriété de mine qu'on voit du côté du Nord dans ce filon, est la mine nommée la Valenciana Cobriza. Elle a très-peu d'étendue, à peine une centaine de mètres de longueur; elle ne possède qu'une très-petite partie de la pente méridionale de la montagne, mais elle s'étend sur une partie du manto, c'est-à-dire de la couche du plateau (A), dans laquelle, comme nous le verrons, les masses métallifères se trouvent réparties horizontalement. Il s'ensuit qu'une partie des travaux de cette mine ne présente qu'un labyrinthe de galeries horizontales très-irrégulières, contournées dans toutes les directions.

Les premiers possesseurs de cette mine ont extrait des quantités considérables de minerais de la partie du *manto* qui leur appartenait, et de la ligne de contact de ce manto avec le filon. Mais dès qu'on entra dans ce dernier, on le trouva stérile, et on fut obligé de traverser toute l'épaisseur de la première *mesa-piedra* (B) (plus de 100 mètres) sans trouver la moindre trace de minerai d'argent. Le filon dans ce trajet conservait sa direc-

tion, son inclinaison et sa largeur; les gangues étaient parfois très-ferrifères; les parois bien alignées. Le mineur qui m'accompagnait (lorsque, en 1840, je visitai cette mine pour la première fois) me fit l'observation, que tant que la montagne continue à être *ferme*, et les parois (las cajas) bien réglés, il n'y a pas d'espérance pour la mine, qui ne commencera, me disait-il, à produire du minerai d'argent, que lorsque la roche encaissante se montrera dérangée (*desbaratada*) dans ces couches, et présentant des fentes et filons croiseurs. Lorsque j'ai visité pour la seconde fois ces mines, en 1843, on était à 112 mètres audessous la *couche du plateau* (A) et on commençait à travailler dans les *niantos pintadores* (C). On sortait même déjà du minerai contenant des chloro-bromures comme ceux de la Descubridora, et on voyait de tout petits feuillets de ce minerai disséminés dans la roche encaissante, qui, à cette profondeur, renfermait 0,54 de carbonate de chaux magnésien. On approchait alors d'une couche dans laquelle le même filon dans une mine à côté, nommée la Colorada, donna pour plus de 200.000 piastres (un million de francs) d'argent dans peu de mois, et il était facile de prévoir ce qui pouvait arriver à Valenciana, quand on serait descendu, 25 à 30 vares plus bas, au niveau de la couche mentionnée. En effet, quelques mois après, on rencontra dans cette mine du minerai chloro-bromuré en telle abondance, qu'on sortait environ 3 caissons (200 quintaux) de ce minerai par jour, et la loi du minerai était de 0,012 à 0,015 d'argent.

Je cite ce fait, que j'ai eu l'occasion de constater par mes mesures et observations propres, pour

faire voir la régularité avec laquelle la principale richesse de ces mines se trouve disposée dans l'intérieur de ces filons : cela me rappelle cette règle générale que j'ai souvent entendu répéter par les mineurs les plus expérimentés du Chili, que, dans les montagnes stratifiées (cerros de fajas), la partie la plus riche du filon (*el beneficio*) suit de préférence certaines couches privilégiées, et que ce sont ces couches qui rendent le filon métallifère (*son los mantos que hacen pintar la veta*); tandis que dans les montagnes massives non stratifiées les parties riches des filons descendent verticalement en forme de veines ou cheminées, et se trouvent presque toujours accompagnés par des filons croiseurs (1) (cruceros) : ils disent que, dans ce cas, ce sont les *croiseurs* qui enrichissent le filon (*son los cruceros que hacen pintar la veta*).

A la suite de la Valenciana, en descendant vers le sud, se trouve, dans le même filon, la mine nommée *la Esperanza*, une des plus riches de Chañarcillo. Cette mine étant située plus bas que la précédente, il n'a pas été nécessaire de traverser toute l'épaisseur de la première *mesa-piedra* (B) pour arriver aux *mantos pintadores* (C). Par cela même on est arrivé beaucoup plus vite à la partie riche du terrain, qu'à la mine de la

---

(1) On appelle, au Chili, *croiseur* (crucero), tout filon secondaire qui s'unit au filon principal, formant avec celui-ci un angle quelconque. On distingue parmi ces croiseurs, les *cruceros parados*, ceux qui sont presque verticaux; les *cruceros tendidos*, ceux qui sont horizontaux; les *cruceros pintadores*, ceux qui font apparaître le minerai dans les filons, etc.

Valenciana. Je n'ai pas eu l'occasion d'examiner avec autant de loisir cette mine que la première; mais je sais que lorsque les mineurs de la Valenciana entrèrent avec leurs travaux dans la région de ces *mantos pintadores*, ils y saisirent en flagrant délit ceux de la Esperanza, qui s'étaient déjà introduits dans cette région et en retiraient du minerai riche, sans s'embarrasser de la limite qui divise les deux propriétés.

Après la Esperanza vient la Colorada, mine qui, jusqu'à l'époque actuelle, a donné plus d'argent qu'aucune autre mine de Chañarcillo. L'entrée, ou la *boca-mina* de cette mine, se trouve à peu près à 100 mètres au-dessous de l'entrée de la Valenciana, et la principale richesse qu'avait produit cette mine vient d'une profondeur de 20 à 30 mètres au-dessous de la surface. Cette grande richesse provient plutôt de l'abondance du minerai que de sa loi, qui se trouve souvent beaucoup plus élevée dans les autres mines qu'ici. Il est rare cependant que ces minerais contiennent moins de 200 marcs au caisson (0,016 d'argent), tant la teneur de ces minerais de Chañarcillo surpasse en général celles des minerais les plus riches du Mexique et du Pérou. J'ai vu un endroit où chaque vare de longueur (0^m,836) de minerai extrait dans une galerie horizontale d'environ 2 mètres et demi de largeur donna environ 1.000 marcs d'argent. Cela peut nous donner en même temps l'idée de la différence qu'il y a entre la quantité de minerais que les meilleures de ces mines produisent par an, et celle qu'on extrait tous les ans des mines de Potosi et de Pasco, quand on prend en considération que la teneur de ces derniers minerais dépasse rarement 20 marcs au caisson, et que cepen-

dant, seulement des mines de Pasco, à cette époque de guerre et de misère, on retire trois fois plus d'argent que n'en produisent toutes les mines du Chili.

Le produit de cette mine dans les années de sa plus grande prospérité n'a pas dépassé 20.000 marcs d'argent par an. Ses minerais sont de véritables *colorados*, c'est-à-dire, des mélanges d'une argile ocracée rouge ou jaunâtre et de carbonates, contenant du chlorure et du chloro-bromure d'argent. On a trouvé, en outre, à peu près à 60 mètres de profondeur au-dessous de l'entrée de la mine (boca-mina), un minerai de carbonate de plomb, contenant 4 à 6 p. o/o d'argent, dont tout l'argent se trouve à l'état de chlorure, et que je n'ai jamais vu dans aucune autre mine du Chili.

A la suite de la Colorada viennent deux autres propriétés de mines, *El Desempeño* et la *Bocona*, séparées par un ravin qui coupe le filon et se dirige du N. au S. Ces deux mines n'ont offert jusqu'à présent que peu de minerai et rien de remarquable.

San José. Vient enfin la dernière propriété dans ce filon la mine de San Francisco, qui a été, il n'y a pas longtemps, divisée en deux, San José et San Francisco. Cette mine se trouve déjà à la partie la plus basse de la montagne : elle touche aux dernières couches de ces *mantos pintadores* (C.) auxquels les trois premières doivent toutes leurs richesses. On n'a trouvé du minerai chloro-bromuré que tout près de l'affleurement. Il a été ici aussi riche qu'aux affleurements de la Descubridora et dans d'autres mines plus élevées. Mais bientôt, le minerai, la gangue et la roche

encaissante changèrent de nature. La roche devint plus argileuse, plus compacte ; elle commença par rétrécir le filon, puis elle le rejeta un peu à l'ouest, et le filon devint stérile. On descendit plus de 40 mètres sans voir la moindre trace d'argent, puis on retrouva pour la seconde fois le même filon productif, riche en argent, quoique ce dernier s'y montrât sous un aspect tout à fait différent et accompagné de minéraux dont on ne trouvait pas de traces dans la partie supérieure. Ici, la presque totalité de l'argent était à l'état métallique ou à l'état d'argent sulfuré, associé à de l'arsenic natif et à de l'argent arsénio-sulfuré. La loi du minerai dépassait encore 4 à 5 p. o/o; la gangue était toujours calcaire, mais déjà mélangée de quartz et ne contenant que peu d'hydrate de fer et de sulfate de baryte.

Ce minerai disparut dans la profondeur, et le filon redevint stérile. Lorsque j'ai visité pour la seconde fois cette mine, en 1842, on était alors à 106 mètres au-dessous de la surface, et à cette profondeur le filon était encore calcaire, marneux ; mais la partie métallifère qu'il renfermait ne ressemblait plus en rien aux minerais de Chañarcillo. Elle se composait presque exclusivement de blende et de pyrite de fer, et la roche encaissante était porphyroïde, ne contenant, comme je l'ai déjà dit (page 439), que 10 p. o/o de carbonates, mélangés avec une argile en partie attaquable par les acides. On en retirait encore du minerai riche et en quantité considérable, mais seulement des travaux supérieurs, tandis que les travaux d'en bas, du fond de la mine, ne laissaient que peu de profit au propriétaire. Le point auquel on était arrivé à cette époque se trouvait, d'après mes mesures

barométriques, à 911 mètres au-dessus du niveau de la mer, et par conséquent à 324 mètres au-dessous de la surface du plateau de Chañarcillo. C'était le point le plus bas auquel on fût arrivé dans l'exploitation des mines de cette montagne.

(3) Manto.

(3) Le *Manto* est, comme j'ai déjà dit, cette partie de la richesse minérale de Chañarcillo, qui se trouve renfermée dans la couche du plateau (A). J'ai déjà dit quelles sont les roches qui composent cette couche, et quelle est leur structure en grand. Or ces roches et tout le terrain qui constitue le plateau le plus élevé de la montagne, et qui n'a que 20 à 30 mètres d'épaisseur, se trouvent coupés par diverses veines métallifères verticales et par une infinité d'autres qui se dispersent très-irrégulièrement, et se divisent en masses et rognons engagés dans la partie la plus fracturée de la montagne. Ce n'est pas précisément un *filon-couche*, mais plutôt une espèce de *stockwerk* étendu horizontalement, au milieu d'un système de couches subdivisées. On remarque que la partie la plus fracturée et la plus métallifère de la couche ne s'étend pas dans toute la largeur de la montagne, mais affleure seulement sur la pente méridionale, immédiatement au-dessus de la première mesa-piedra (B) : elle ne fait que couronner de ce côté les têtes des deux principaux filons. En observant à la simple vue la situation qu'occupe ce *manto* dans tout l'ensemble de la montagne, on dirait qu'à une époque postérieure à la formation de cette dernière, toute la *couche du plateau* (A) fut soulevée et ouverte du côté du sud, au moment où les vapeurs métalliques, sortant par les fentes des filons inférieurs et cher-

chant une issue à travers cette couche, se condensèrent dans ses fentes et ses crevasses.

En effet, la plus grande richesse de ce *manto* a été trouvée sur l'escarpement méridional de la couche du plateau, à l'endroit le plus fracturé et le plus fendillé de la roche. On cite une énorme masse de minerai d'argent trouvée dans ces crevasses, près de la *gorge* du filon de la Descubridora dans une mine nommée *manto de los Bolados*. On a extrait seulement de la croûte de cette masse plus de 60 quintaux d'argent en minerai chloro-bromuré, et le noyau qui restait et qu'on fut obligé de couper au ciseau, pesait plus de 33 quintaux et se composait d'un mélange de chlorure et d'argent métallique. Cette masse (bolon de plata) avait son gisement au milieu d'énormes blocs anguleux, tout à fait irréguliers, de la même roche qui constitue la couche du plateau (A), et qui évidemment avait été brisée et fractionnée sur place. Les vides et les interstices entre ces blocs étaient remplis de marnes blanches et jaunâtres terreuses, qui contenaient aussi de ce même minerai disséminé en particules très-petites.

Une autre mine, de la même nature que la précédente et qu'on est encore en train d'exploiter avec bénéfice, se trouve située tout près de la tête du filon de la Colorada et se nomme manto de los Cobos. Les travaux de cette mine ne présentent que des grottes et cavités excessivement irrégulières et point de galeries.

Il y a cependant dans cette même couche du plateau A une mine nommée *las Guias* où on exploite des veines assez régulières qui courent du N. au S., mais qui ne correspondent pas du tout aux veines ni filons qui se présentent au-dessous

de cette couche dans la *mesa-piedra* et les couches inférieures.

En général tout l'argent contenu dans ces mines de la couche supérieure du plateau, comprises sous le nom de *manto*, se trouve à l'état de chloro-bromure. Ses gangues sont argilo-carbonatées ferrifères, et le minerai forme des rognons de diverses grandeurs empâtés dans une substance argileuse. Il n'est pas rare de rencontrer à la surface de ces rognons de tout petits cristaux octaédriques ou cubo-octaédriques de chloro-bromure vert, qui changent très-vite de couleur par l'action de la lumière et prennent des teintes grises, ou grises verdâtres, et jamais violacées. On a trouvé, dans le *manto de los Cobos*, des rognons du poids de plusieurs kilogrammes, composés de masses compactes, verdâtres et brunâtres, à cassure conchoïde ou inégale, cassantes, et composées d'un mélange de sous-sulfate de cuivre, d'arséniate de cuivre, de carbonate et de silicate du même métal, etc. Leur croûte est recouverte de petits cristaux de chaux spathique et de chloro-bromure d'argent qui tantôt se montre mamelonné, tantôt cristallisé ou disséminé en grains amorphes au milieu de la gangue. Le centre de ces rognons et la masse compacte verte ne contiennent presque pas d'argent. Je n'ai vu ce minerai dans aucune autre mine du Chili.

Filons et veines secondaires.

Je dois maintenant dire que, outre ces trois sources principales de la richesse de Chañarcillo (les deux *filons* et le *manto* que je viens de décrire), il y a grand nombre de filons secondaires, filons croiseurs et veines, qui sont exploités, et dont on a retiré jusqu'à présent des richesses assez considérables. La seule veine nommée

Guia de Carballo a produit pour plus de 600.000 piastres d'argent; une autre nommée *Reventon Colorado* a été trouvée aussi riche que la précédente, et en général, on y trouve les mêmes minerais chloro-bromurés que dans les filons principaux. On en a même extrait des veines de 4 à 8 et 12 lignes de largeur de chloro-bromure vert, semi-transparent, parfaitement pur, concrétionné ou stalactiforme. Les échantillons de ces veines sont actuellement très-rares, et on en trouvait beaucoup, d'après ce que j'ai ouï dire, dans les premiers temps de la découverte des mines de Chañarcillo, lorsqu'on était à exploiter les affleurements de ces filons.

Il ne me reste qu'à ajouter que parmi le grand nombre de filons qui traversent la montagne de Chañarcillo, il y en a qui, jusqu'à présent, ont été trouvés complétement stériles, sans accuser la moindre trace d'argent. On cite, par exemple, un large filon situé entre deux principaux filons, passant, on peut dire, par le centre de la partie métallifère de la montagne, et parallèle aux filons les plus productifs de ce terrain, qui, malgré sa situation si avantageuse, et l'identité de ses gangues avec celles de minerais riches, a été toujours trouvé stérile, et a ruiné beaucoup de mineurs.

Histoire de ces mines.

La découverte des mines de Chañarcillo ne date que de 1831. Un pauvre montagnard nommé Godoy, étant à chasser les guanacos, s'était reposé à l'ombre d'un énorme bloc de rocher qui sortait de l'affleurement du filon de la Descubridora. Frappé de la couleur et d'un certain aspect métallique de la partie saillante du rocher, il commença à le gratter avec son couteau, et voyant qu'elle se

laissait couper comme du fromage (suivant la manière dont il s'exprimait), il emporta un morceau de ce rocher à Copiapo, où il fut reconnu pour du *plata-plomo*, c'est-à-dire pour de l'argent corné. Il offrit la moitié de sa mine, qui, depuis ce temps, prit le nom de la Descubridora, à Don Miguel Gallo, un des plus vieux mineurs de cette province, à qui le sort n'avait jamais été prospère dans sa jeunesse. D'après l'arrangement qui eut lieu, Gallo devait fournir l'argent nécessaire pour l'exploitation, et le profit devait être partagé entre lui et Godoy. Le hasard voulut qu'on tombât sur la partie la plus riche du filon, et on commença, dès les premiers jour de l'exploitation, à extraire des valeurs considérables. Mais Godoy, comme tous ceux qui découvrent les mines, n'eut pas la patience d'attendre. Séduit par l'espérance d'en découvrir d'autres meilleures, il vendit la moitié de la mine qui lui appartenait pour 14.000 piastres, dissipa son argent et mourut pauvre.

La nouvelle de cette découverte attira bientôt à Chañarcillo une foule de mineurs de tous côtés. Les premiers auxquels le sort se montra aussi favorable qu'à Godoy, furent deux frères, nommés Peralta Bolados, propriétaires d'un petit *rañcho* (chaumière) dans la vallée de Copiapo, et d'un troupeau d'ânes qui leur servaient à porter du bois à la ville ou aux usines, avec quoi ils pourvoyaient à leur premières nécessités. Les deux frères trouvèrent ce fameux bloc (*bolon*) de 70 à 80 quintaux de minerai excessivement riche, dont j'ai fait mention (page 451) en parlant du manto de los Bolados. L'extraction, le transport et le traitement de cette masse de minerai étaient tellement simples et faciles, que ces pauvres gens, quoique entièrement

dépourvus des connaissances nécessaires et de capitaux, parvinrent, dans moins de deux ans, à en extraire pour plus de 700.000 piastres d'argent. Enflés de leur prospérité, ils ne pensèrent qu'à en jouir, et pendant qu'ils dissipaient leur richesse à Copiapo, qui n'était à cette époque qu'un village pauvre et mal peuplé, leur mine se trouva tout d'un coup épuisée, et quelques mois après, on a vu ces mêmes Peralta Bolados plus pauvres qu'ils n'étaient avant leur découverte, ayant même perdu leurs ânes, dont ils n'avaient plus cru avoir besoin.

Tel fut le sort de ceux qui avaient découvert les mines les plus riches de Chañarcillo. Mais bientôt la propriété de ces mines et leur exploitation ayant passé dans les mains d'hommes éclairés et industrieux, la production de l'argent augmenta de telle sorte qu'en 1833, on retira des usines de Copiapo près de 100.000 marcs d'argent, dont les neuf dixièmes provenaient des mines de Chañarcillo. Depuis ce temps, ces mines allèrent un peu en déclinant jusqu'en 1838, où on tomba sur la grande richesse de la Colorada. Cela parvint à ranimer les efforts des entrepreneurs, et depuis cette époque, 700 mineurs environ travaillent incesamment à Chañarcillo et dans les mines les plus rapprochées de cette montagne.

Voici le produit de ces mines dans les 10 premières années, tiré des documents officiels. Produits.

On a exporté par les douanes de Copiapo, depuis 1832 jusqu'à 1842 :

Années.	Marcs d'argent	
1832.	38.732	6 $\frac{1}{2}$
1833.	94.149	2
1834.	82.782	1 $\frac{1}{8}$
1835.	84.700	5 $\frac{1}{4}$
1836.	17.214	3 $\frac{1}{8}$
1837.	58.449	1 $\frac{1}{8}$
1838.	63.715	5 $\frac{1}{2}$
1839.	103.765	2 $\frac{3}{4}$
1840.	88.340	3 $\frac{1}{8}$
1841.	92.112	1 $\frac{1}{8}$
1842 jusqu'au mois de septembre.	55.222	1 $\frac{7}{8}$
Total.	779.084	1 $\frac{3}{8}$

A cela, il faudrait ajouter : 1° l'argent emporté à l'état de minerai à Vallenar, et qui a été ensuite exporté par la douane du Huasco ; 2° l'argent exporté par la voie de contrebande ; 3° l'argent monnayé, l'argent travaillé par les orfévres du pays, et l'argent exporté en échantillons de collections. Une personne de Copiapo, qui fondait ces calculs sur des faits positifs dont elle avait connaissance, évalue à :

194.777 marcs, l'argent exporté au Huasco ;
25.000 » l'argent exporté par contrebande ;
50.000 » l'argent converti en vaisselle, bijouterie, monnaie, etc. (Gaceta del comercio, 1843, n° 371).

Il en résulte que, dans les dix premières années d'exploitation, depuis la découverte des mines de Chañarcillo, les mines d'argent de Copiapo ont produit plus de 1.000.000 de marcs d'argent. Et comme pendant ce temps, les autres mines de Copiapo, comme celles de Ladrillos, de San Antonio, etc., donnaient tout au plus 5.000 à 6.000 marcs d'argent par an, on n'a qu'à retrancher de la somme

totale ci-dessus rapportée 50.000 à 60.000 marcs d'argent et le reste sera le produit des mines de Chañarcillo.

Voici maintenant le nombre de mines et le nombre d'ouvriers et de personnes attachées au travail des mines, extrait d'un rapport officiel du juge de Chañarcillo adressé, le 31 décembre 1839, à l'intendant de Coquimbo :

Personnel.

	Chañarcillo.	Pajonales.	Bandurrias et Algarrovito.
Nombre des mines productives (*en beneficio*).	12	3	»
Nombre de mines stériles (*en broceo*).	55	1	7
Totaux. . .	67	4	7
Nombre de mineurs :			
Mayordomos (maîtres mineurs, directeurs, commis). . . .	85	6	8
Barreteros (ouvriers piqueurs).	198	15	18
Apires (ceux qui servent à sortir les minerais).	210	18	19
Herreros (serruriers).	5	»	»
Aguaderos (ceux qui vendent de l'eau).	20	1	1
Nombre de gens employés dans ces mines.	518	40	46

On voit, d'après ce document, que sur 78 mines qu'on exploitait à l'époque la plus florissante pour Chañarcillo, il n'y en avait que 15 qui produisaient du minerai; les autres n'occasionnaient que de grandes pertes aux propriétaires, et on les travaillait seulement dans l'espoir d'y trouver la même richesse qu'offraient les premières.

Ce nombre de mines productives, comme aussi

celui des ouvriers qui y travaillent, et la quantité de minerais extraits varient beaucoup d'une année à l'autre, et même d'un mois à l'autre. Voici des détails que j'ai extraits des livres officiels du juge des mines de Chañarcillo, sur l'état de ces mines, le nombre de mineurs et la quantité de minerais extraits en 1842. — Cette année a été une des plus fortunées pour les propriétaires.

(Voir le tableau ci-après, page 459.)

Année 1843.	Nombre de mines.	Mines productives.	Mayordomos.	Barreteros.	Apires.	Serruriers.	Porteurs d'eau.	Nombre total de mineurs.	Quantité de minerais extraits.	
									quintaux.	livres.
Dans le mois de janvier.	76	14	106	241	291	6	31	675	1.678	83
— février. . .	76	12	106	257	323	6	36	728	1.815	6
— mars. . . .	81	11	110	266	316	6	41	739	1.501	52
— avril. . . .	88	13	113	284	339	8	42	785	1.364	95
— mai. . . .	84	12	118	270	304	7	38	737	2.011	96
— juin. . . .	81	13	121	271	324	6	37	759	2.032	61
— juillet. . .	84	15	126	277	306	10	40	759	1.898	35
— août. . . .	94	12	131	273	321	6	41	773	1.859	41
— septembre.	91	14	134	273	332	6	38	783	1,984	11
— octobre. .	84	18	134	274	337	7	37	789	4.607	31
— novembre.	81	14	129	256	316	9	38	735		
— décembre.	76	12	118	228	280	8	38	672	3.720	2
								Total. ..	14.477	13
Du nombre total de mineurs qui, à la fin de décembre, travaillaient dans les mines de Chañarcillo ; ceux qui travaillaient dans les mines productives.			39	70	97	2	11	219	»	»
Ceux qui travaillaient dans les mines stériles.			79	158	183	6	27	453	»	»

De l'inspection de ce tableau il résulte que : 1° sur le nombre total des mines qu'on a exploitées en 1842, il y en avait à peine une sur six qui produisait du minerai ; que par conséquent ceux qui s'engageraient à avancer leur argent pour des travaux de recherche dans cette montagne, en suivant toujours la méthode ordinaire pour le travail des mines, comme on l'a mise en pratique jusqu'à ce jour, n'auraient que *un contre cinq* de probabilité pour réussir ; 2° le tiers à peine du monde qui se trouve occupé dans ces mines travaille dans les mines productives, et les deux tiers dans celles qui n'occasionnent que des pertes et des dépenses ; 3° sur la totalité du nombre des gens occupés dans le travail des mines, le cinquième à peu près se compose de surveillants, directeurs et maîtres-mineurs, un peu moins de deux cinquièmes de *piqueurs* ou *barreteros*, qui sont les seuls véritables ouvriers mineurs dans nos mines d'Europe, et plus de deux cinquièmes de *chargeurs* ou *apires*, c'est-à-dire d'hommes d'une force musculaire prodigieuse, dont le travail est fait dans les mines de l'ancien continent par des enfants, des animaux ou des machines. En un mot, sur cinq hommes occupés dans le travail des mines, il n'y en a que deux qui exécutent le travail de nos mineurs, un qui les surveille ou les dirige, et deux autres dont le travail pourrait être en majeure partie remplacé par des machines.

Le nombre de mineurs qui travaillaient à Chañarcillo étant, terme moyen, de 736, et le nombre de quintaux de minerai qu'on avait extrait cette année, de 2.040 par mois, la quantité de minerai extraite par mois et par chaque individu employé dans ces mines, revenait à 277 livres environ,

ce qui correspond à onze marcs d'argent par mineur, en admettant pour la moyenne de la richesse de ces minerais quatre marcs au quintal.

Tout est tellement cher à Chañarcillo, que les frais d'exploitation y montent à 70 et 75 piastres par mois, par chaque *barretero* (c'est-à-dire par chaque piqueur ou *barretero*, et le chargeur qui lui correspond, y compris l'eau, la poudre, la surveillance de la mine, etc.). Il en résulte qu'ayant eu 260 barreteros dans les mines de Chañarcillo en 1842, les frais généraux d'exploitation ont dû monter cette année à $260 \times 75 \times 12 = 234.000$ piastres par an. En y ajoutant : 1° le surplus de chargeurs (*apires*) dont le nombre excédait celui de barreteros de 56 et qui devaient coûter $12 \times 56 \times 22 = 14.784$ piastres; 2° environ 20.000 piastres en frais extraordinaires, machines, etc. On obtient pour frais généraux d'exploitation 268.784 piastres. Frais d'exploitation et de transport.

Maintenant, le traitement de minerais et la vente de l'argent qu'on exporte occasionnent les dépenses suivantes :

1° Le transport des minerais aux ateliers d'amalgamation, dont la plupart se trouvent dans la ville, se paye à raison de 34 piastres 4 réaux par caisson (64 quintaux), ce qui donne pour 24.477 quintaux que les mines avaient produit cette année une somme de 13.179 piastres;

2° Supposant que le rendement du minerai en 1842 fut le même que celui de l'année antérieure, c'est-à-dire de 92.112 marcs d'argent, comme les frais du traitement dans les machines d'amalgamation, dans des tonnes fixes à fonds de fonte, pour les minerais qui contiennent 4 marcs au caisson, sont de 1 piatre 3 réaux par marc d'argent

obtenu : prenant en même temps en considération que dans les ateliers d'amalgamation ordinaires ces frais augmentent plutôt que de diminuer, je crois qu'on peut admettre pour le minimum de la dépense qu'occasionne le traitement de ladite quantité d'argent :

	piastres.
92.112 × 1 piastre 3 réaux =	115.140
3° Les 6 réaux par marc de droit d'exportation.	69.084
4° Frais de transport de l'argent en barre de Copiapo au port et du port à Valparaiso.	12.000
5° Dépenses extraordinaires, commissions.	10,000
En faisant la somme de toutes ces dépenses, et notamment des frais d'exploitation.	268.784
— de traitement.	115.140
Droit d'exportation.	69.084
Commissions, dépenses extraordinaires, transports.	35.179
On a pour total.	488,187

Il résulte de là que la moitié environ de l'argent qui entre dans le pays par l'exportation des produits de ces mines, sert à couvrir les frais qu'occasionnent l'exploitation de ces mines et la réalisation de leurs produits. On voit en même temps que de la somme dépensée de cette manière :

300.000 p. environ servent à l'encouragement de l'agriculture et du commerce ;
100.000 au maintien des établissements métallurgiques ;
70.000 rentrent dans les revenus de l'État.

Continuation de voyage.

En partant de Chañarcillo, on se dirige au sud sans descendre dans la *travecia* et sans quitter ce terrain stratifié qui constitue la montagne de Chañarcillo.

En allant dans cette direction, on laisse les mines d'argent de Bandurrias à gauche, et on passe par celles de Algarrovito. Le gisement de ces dernières est identiquement le même que celui de Chañarcillo : ce sont toujours des calcaires argileux et sablonneux analogues à ceux que l'on voit à Chañarcillo; seulement ici, ils se divisent en strates minces, schistoïdes. Ces mines n'ont jamais produit de grandes richesses. On y exploite actuellement un filon qui produit beaucoup d'une terre rougeâtre, marneuse, contenant de l'argent natif et de l'argent chloruré, disséminés en particules excessivement petites. Cette terre se délaye facilement dans l'eau, et on la lave dans un endroit situé à 2 lieues plus au sud-est pour concentrer un peu sa richesse, qui en général n'excède pas 0,002. La cherté des vivres et de la main-d'œuvre, l'extrême pénurie d'eau pour le lavage, et surtout le voisinage des mines de Chañarcillo, qui offrent plus de chance de réussir, font qu'on n'a jamais exploité ces mines avec autant d'activité que les autres. Les minerais que l'on en extrait sont traités à Vallenar.

Mines d'argent d'Algarrovito.

A cinq lieues de ces mines, en se dirigeant toujours au sud, on perd de vue le terrain stratifié, et tout d'un coup on se trouve au milieu des granits qui dépassent la *ligne du contact* des deux terrains, et s'avancent beaucoup vers les Cordil-

lères, en formant une espèce de baie au milieu des roches de sédiment.

A deux lieues plus au sud, on retrouve de nouveau le terrain secondaire stratifié; seulement ici, au lieu de roches calcaires schistoïdes, comme celle d'Algarrovito, on trouve des porphyres bigarrés. Le chemin monte par une vallée creusée dans ces porphyres, et conduit à la Cortadera, qui est un endroit isolé, à 9 lieues de Vallenar, et où on trouve de l'eau après une marche de 20 lieues au milieu d'un désert entièrement sec et aride.

Il est bon de savoir, pour ceux qui se trouveront dans le cas de faire ce voyage, que dans tout le trajet, depuis Ingenio, situé de l'autre côté de Chañarcillo, jusqu'à Cortadera (si l'on passe par le chemin de Chañarcillo sans s'arrêter dans les mines), on ne trouve que deux petites sources d'eau : une à l'endroit déjà cité, à 2 lieues au S.E. de Algarrovito, où on épuise le peu d'eau qui se montre pour laver les terres de ces mines, et l'autre à las Lomitas, à 4 lieues au nord de la Cortadera. Ces sources se tarissent tous les jours, et il arrive de traverser tout ce désert depuis Ingenio jusqu'à Cortadera (24 à 26 lieues) sans trouver une goutte d'eau.

Près de la Cortadera se trouvent quelques mines de cuivre que je n'ai pas eu le temps d'examiner.

Porphyres bigarrés et *travecia*.

Cet endroit se trouve tout au plus à 1 lieue 1/2 à l'est de la ligne du contact des deux terrains; le chemin descend dans la direction sud-ouest, et à 3 lieues de là, on arrive à la *travecia*, qui forme, comme j'ai déjà dit, une plaine tertiaire à la jonction des deux terrains. Les porphyres bigarrés descendent ici jusqu'à la plaine, de l'autre côté de la-

quelle on ne voit plus que des montagnes granitiques. Là où ces porphyres touchent la plaine, celle-ci se trouve à 779 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Depuis ce point, le chemin continue à descendre au sud, par la *travecia*, et à 6 lieues de là, lorsque la vue, fatiguée de l'aridité de la plaine, voit avec peine cette plaine se prolonger au sud, toujours entourée de montagnes encore plus arides qu'elle, on aperçoit tout d'un coup, sous ses pieds, à plus de 50 mètres de profondeur, une jolie vallée d'environ 500 à 600 mètres de largeur, remplie de beaux saules pyramidaux, d'orangers, de pêchers et de chirimoyos, à l'ombre desquels on voit au loin de longues rangées de jolies maisons blanches. Vallée de Vallenar.

C'est la ville de Vallenar, chef-lieu du département du Haut-Huasco. Un beau ciel d'été rarement couvert, une brise continuelle courant de l'ouest vers les Cordillères, et un ruisseau d'eau claire et limpide qui arrose les jardins, les vignes et les prairies de luzerne du fond de la vallée, rendent le séjour de cette ville aussi sain qu'agréable. Les fruits de cet endroit ont la renommée d'être aussi bons que ceux de Potrero Grande, dans la vallée de Copiapo; les figues et les raisins sont surtout très-recherchés; on n'y connaît presque pas de changements dans les saisons.

Cette vallée se dirige de l'est à l'ouest; sa forme est ovale, et ses parois, creusées dans le terrain tertiaire de la traversée, ont des pentes tellement rapides, qu'en les regardant d'en bas, ils paraissent être verticaux. Sur ces parois, on remarque deux étages bien distincts, semblables à ceux qu'on voit dans les embouchures de toutes les vallées trans-

versales de la côte. La longueur de la partie ovale de la vallée est égale à la largeur de la plaine d'en haut, et on voit aux deux extrémités de son grand arc deux rétrécissements (angosturas). Ces rétrécissements sont dus aux rochers qui descendent des deux côtés, et se trouvent sur le prolongement des deux chaînes de montagnes qui se dirigent du nord au sud, laissant entre elles l'espace occupé par la travecia.

Le rétrécissement d'en bas, c'est-à-dire celui de l'ouest, se trouve à l'endroit d'une ancienne digue naturelle qui retenait les eaux pendant l'époque de la formation de tout ce terrain de la travecia; et il n'y a rien qui puisse décider si cette époque est contemporaine de celle du terrain tertiaire de l'un ou de l'autre étage; car les doubles étages de la vallée peuvent aussi bien correspondre aux destructions partielles de cette digue qu'aux diverses époques du soulèvement de la côte. Je crois même que ce dernier n'a pas pu produire des effets très-considérables à de grandes distances et à de grandes hauteurs dans le système des Andes. La surface du terrain de la *travecia* se trouve à plus de 600 mètres au-dessus de la surface des plaines tertiaires de la côte; celles-ci sont de formation marine et contiennent des couches fossilifères calcaires, tandis que celles de la *travecia* se composent de sables et graviers, mélangés d'énormes blocs roulés, déposés par les torrents des Cordillères, et on n'y trouve pas de débris organiques, de marnes ni de calcaires marneux.

Le département dont le chef-lieu est Vallenar, s'étend de las Lomitas au Cerro de la Ventura, dans la direction du méridien (environ 50 lieues de longueur) et de la ligne des faîtes jusqu'à Ta-

tara (qui est une ferme située à 5 lieues à l'ouest de Vallenar), dans la direction de l'est à l'ouest. La ville compte environ 3.000 habitants ; c'est ici la résidence des principaux propriétaires des mines. On y voit deux ateliers d'amalgamation, deux *trapiches* ou moulins à moudre les minerais, une école de 100 enfants soutenus aux frais de la ville, etc. Il y a peu de commerce, peu d'agriculture : et le bien-être des habitants dépend presque exclusivement du sort des mines.

Dans le temps, ce département en composait, avec celui de la côte (dont le chef-lieu est Freyrina), un seul, nommé département du Huasco, dans lequel on comptait au commencement de ce siècle (vers l'an 1806) 9 mines d'or, 30 de cuivre et 3 d'argent en exploitation. Mais les mines d'or et de cuivre se trouvant rapprochées de la côte, la ville de Vallenar participait peu à leur richesse. Sa prospérité ne date que de 1811, époque à laquelle on découvrit les mines d'argent de Agua Amarga et de Tunas. Ces mines ayant d'abord produit des quantités considérables d'argent, la ville de Vallenar était alors aussi florissante que l'est actuellement celle de Copiapo. Mais cette époque fut de peu de durée, et se termina, vers l'année 1822, par l'épuisement et l'abandon presque complet des travaux.

Continuation du voyage le long de la ligne du contact.

Voici le chemin à prendre pour continuer le voyage dans le but d'examiner les terrains situés en voisinage de la ligne du *premier contact de deux terrains*.

On commence à remonter la vallée du Huasco, et, à trois lieues de la ville, on rencontre un terrain tout à fait analogue à celui que nous avons vu à trois lieues de Copiapo en face de Ladrillos et

de la Tierra Amarilla. On voit des masses dioritiques en bas et sur ces masses, des roches stratifiées, tantôt porphyroïdes, tantôt argileuses compactes, plongeant en stratification concordante à l'est. Il y a moins de régularité dans le redressement et dans l'allure des couches que dans la vallée de Copiapo : les porphyres prédominent et on les voit traversés par des veines et filons quartzifères compactes.

Mines d'argent du Carriso.

On franchit cette première ligne de la séparation des deux terrains, et à une lieue à l'est de cette ligne, on prend à droite. Après deux heures de chemin on arrive aux mines d'argent de Carriso, situées dans la partie inférieure du terrain stratifié : ce terrain y est beaucoup plus accidenté qu'à Chañarcillo. Les roches calcaires y manquent presque entièrement, et déjà au pied de la montagne on rencontre la même variété de diorite que nous avons vue au pied de la montagne qui renferme les mines d'argent de Ladrillos. Dans cette masse dioritique, on exploite actuellement un filon d'or, donnant du minerai très-riche en or natif.

Les mines d'argent du Carriso sont assez remarquables sous le rapport de la grande variété des minéraux qu'elles produisent. Le filon principal coupe la montagne dans la direction S. 20° E. Il a été reconnu et exploité sur une longueur d'environ 300 mètres. Il coupe des roches compactes, faisant effervescence avec les acides, dans la partie inférieure, et des couches de porphyres semblables à ceux de Agua Amarga, vers la partie haute de la montagne.

La mine la plus importante de ce filon est la Descubridora appartenant à M. Urrutia. Cette

mine avait produit à l'affleurement du filon, du chlorure et de l'argent métallique; mais à 10 mètres au-dessous de la surface du sol, le minerai changea de nature et commença à devenir sulfuré et arsénié. L'espèce qui constitue sa richesse principale est l'argent rouge arsénié (rubin blende), amorphe, d'un rouge clair, quelquefois cristallisé. Les minéraux qui l'accompagnent sont: 1° l'argent natif antimonié, en gros grains engagés plutôt dans la gangue que dans la substance métallique; 2° le sulfure d'argent (rare); 3° l'arsenic natif, tantôt compacte, lourd, testacé, et dans ce cas il ne contient presque pas d'argent, tantôt noir, scoriacé, léger, et alors on voit dans ses pores de tous petits dodécaèdres métastatiques d'argent rouge ou bien de l'argent filiforme pur; 4° l'arséniure de fer pur, d'un blanc d'étain obscur, à cassure grenue ou lamellaire, tenace, faisant feu sous le briquet, etc. Sa cassure ne change presque pas de couleur étant exposée à l'action de l'air. On l'a trouvé composé de :

Arsenic. . . .	0,662
Fer.	0,276
Soufre. . . .	0,011
Gangue. . . .	0,051
	1,000

6° l'arsénio-sulfure de fer, qui souvent est cobaltifère et très-riche en argent; 7° l'antimoine natif parfaitement pur, tantôt en gros grains et boutons d'un beau blanc d'argent disséminés au milieu du cuivre gris, tantôt en lames courbes ressemblant à la galène; 8° le cuivre gris argentifère; 9° la blende, la galène, le cuivre panaché et la pyrite de fer. La gangue est du carbonate de chaux et de l'argile.

Parmi ces espèces minérales, les plus abondantes sont l'arsenic natif, l'arséniure et le sulfo-arséniure de fer, et en général les minerais les plus riches sont ceux qui se composent de mélanges de diverses espèces et de gangue et non pas d'espèces pures. Ainsi un échantillon d'arséniure de fer presque pur donna à l'essai 0,0016 d'argent; un autre échantillon de sulfo-arséniure mélangé d'un peu de blende et de gangue donna 0,0034; et un troisième mélangé de beaucoup de carbonate de chaux et de blende donna 0,0728. Dans ce dernier cas on distinguait déjà à simple vue de l'argent natif et de l'argent rouge: je crois même avoir reconnu que, dans aucun minerai arsénié, l'argent ne se trouve à l'état d'arséniure simple, mais toujours à l'état de sulfo-arséniure, à l'état natif ou à l'état de sulfure multiple.

On a dernièrement trouvé dans la même mine, mais dans sa partie inférieure, les minerais suivants :

1° Minerai d'antimoine natif disséminé en lames très-minces au milieu d'une gangue de carbonate de chaux, et mélangé d'une très-faible proportion de blende et de galène :
il tenait en argent. 0,00876

2° Minerai de galène disséminé en lames minces dans une gangue de chaux carbonatée et mélangé de pyrite et d'arséniure de fer : il tenait (argent). . . . 0,0351

3° Minerai de cuivre gris mélangé de pyrite cuivreuse, de blende et d'une gangue carbonatée semblable aux précédentes. Il tenait, terme moyen, 0,194 de cuivre, et, en argent. 0,0067

4° Un sulfure multiple d'un gris de fer, structure grenue, cassure inégale, et qui paraît être un mélange intime de sulfo-arséniure d'argent, de blende et de galène antimoniale, donna en argent 0,0576

La même substance, mélangée de beaucoup de blende jaune et de gangue, donna. . . . . 0,0072.

A côté du filon où se trouve cette mine de Urrutia et à peu près à 200 mètres de distance, on voit un autre filon, pareil au premier, traversant une roche très-fendillée et accidentée. Il est à tout moment intercepté par des filons croiseurs qui le coupent tantôt horizontalement, tantôt sous différents angles d'inclinaison. Les fentes de cette roche se trouvent parfois tapissées de sulfate de chaux et la gangue contient beaucoup de sulfate de baryte et de chaux spathique. Ce filon avait produit dans le temps beaucoup de chlorure d'argent (probablement du chloro-bromure), mais plus bas on ne trouve que de l'argent filiforme, de l'argent rouge, de l'arsenic natif, etc.

Outre ces deux filons, il y en a d'autres qui, dans dans le temps, avaient été exploités, mais qui n'ont jamais été trouvés productifs. On n'exploite actuellement dans cette montagne qu'une seule mine, celle de Urrutia, laquelle acquiert tous les jours plus d'importance par la découverte récente des minerais ci-dessus mentionnés.

Ces minerais ont été jusqu'à présent traités à Vallenar, par la méthode d'amalgamation ordinaire, en soumettant les minerais à un grillage préalable. Je n'ai pas eu l'occasion de voir le procédé ni d'examiner les résidus du traitement.

Agua Amarga.

Situation.

A trois lieues au sud du Carriso se trouvent la montagne et les mines d'argent de Agua Amarga (*Pl. IV* et *VII*). Ce point, un des plus intéressants du pays pour le géologue et le mineur; se trouve sur la ligne même du contact des granites avec le terrain stratifié. Je ne connais pas d'endroit où l'on puisse voir avec plus d'évidence l'influence de la nature du terrain sur celle des filons qui le traversent que dans cette localité : c'est pourquoi nous allons nous y arrêter un instant.

Hauteur et étendue de la montagne.

La montagné de Agua Amarga ressemble beaucoup par son aspect extérieur à celle de Chañarcillo : seulement elle est plus étendue et moins accidentée que cette dernière. Elle s'élève à 1.450 mètres au-dessus du niveau de la mer; les affleurements de ses filons montent jusqu'à la hauteur de 1.418 mètres au-dessus de la mer, et il y a 310 mètres de distance verticale du sommet de cette montagne au fond d'une vallée granitique qui la limite du côté de l'ouest. Elle a environ sept kilomètres de longueur du N.-E. au S.-O.; ses pentes rapides se trouvent du côté de l'ouest et du sud, et les pentes douces du côté de l'est et du nord.

Situation géologique.

En se plaçant au milieu de la vallée granitique du fond de laquelle cette montagne s'élève, et tournant successivement la vue du côté de l'est et de l'ouest, on voit immédiatement la différence qui se présente dans la nature des terrains qui se trouvent des deux côtés opposés. Ceux du côté des Andes sont stratifiés, leurs montagnes escarpées, rubanées de diverses couleurs; ceux du côté de la mer forment des montagnes arrondies et aplaties sans aucun indice de stratifica-

tion. Du côté des Andes, on voit de loin des rangées de déblais d'anciennes mines abandonnées, correspondant aux divisions des couches qui sont presque horizontales : leurs couleurs sont sombres, cendrées ou rougeâtres, comme celles des déblais de mines d'argent; de l'autre côté on aperçoit, sur les masses difformes à contours mal prononcés qui forment le relief du terrain, des déblais verts et bleuâtres, irrégulièrement répartis ou descendant de haut en bas, comme, en général, se présentent les déblais des mines de cuivre et d'or. La vallée qui sépare ces deux chaînes de terrains est large, évasée, parsemée de collines très-arrondies et aplaties : c'est une vallée d'érosion provenant de la facilité avec laquelle se désagrégent les masses soulevantes au contact des roches soulevées.

Toute la montagne de Agua Amarga se compose de couches bien régulières, parallèles les unes aux autres, et qui se dessinent sur les escarpements occidentaux de la montagne de la même manière que si elles étaient parfaitement horizontales. Elles s'inclinent cependant, quoique légèrement, à l'ouest, et plongent sous les Cordillères. Cette position singulière des couches de ce terrain, et la manière dont elles se présentent, se répètent sur toute la ligne de la première rangée d'escarpement du côté des granites de la côte.

On remarque en même temps que cette montagne se trouve isolée et détachée des autres, indiquant quelque chose d'extraordinaire et de local dans la configuration extérieure des terrains environnants; et à cette occasion je dois rappeler ce que j'ai ouï dire souvent aux chercheurs de mines, que les montagnes isolées qui paraissent présenter quelque chose d'exceptionnel dans

leurs formes, leurs couleurs et dans leur élévation au-dessus des autres, sont celles qui de préférence méritent l'attention des mineurs.

Passons maintenant à la description des roches qui entrent dans la composition de cette montagne.

Roches. J'ai déjà dit que le fond de la vallée sur laquelle s'élève la montagne est en granite. La roche qui constitue cette vallée et qui s'étend jusqu'au pied même de la montagne est une diorite composée de feldspath blanc et d'amphibole vert. C'est la même roche qui constitue la majeure partie de montagnes, située à l'ouest de Agua Amarga et qui s'étend jusqu'à la mer.

1er Étage. (A) Les premières assises qui s'appuient sur ces granites sont composées de roches compactes, ressemblant aux roches euritiques, ou feldspathiques compactes, mais qui se trouvent imprégnées de carbonate de chaux. Un échantillon pris dans la mine de Aris (mine située au pied de la montagne) donna 10 p. o/o de carbonate de chaux non magnésien et environ 85 p. o/o d'une argile, dentièrement inattaquable par les acides forts. C'est une roche grise, jaunâtre, à tissures planes, dendritiques, et à cassure ciroïde, inégale. Elle descend à plus de 40 mètres de profondeur dans une mine située au pied de la montagne (mine de Aris), et par conséquent beaucoup au-dessous de la surface des granites de la vallée. Ce qui fait voir que le granite, au lieu de plonger immédiatement au-dessous des premières roches stratifiées qui se montrent au pied de la montagne, sort au jour presque verticalement, c'est-à-dire que son plan de contact avec le terrain stratifié doit être presque vertical. Cela se voit très-souvent à la jonction des roches soulevantes et des roches soulevées dans

le système des Andes; et nous aurons à faire la même observation maintes fois, en signalant des coupes de terrains où le contact des granites et des roches stratifiés, se voit à découvert sur de grands escarpements (par exemple à la montagne de San Graviel dans la vallée de Maypo, page 32, et *Pl. I*, *fig.* 6). Cette considération, je crois, ne sera pas sans quelque intérêt pour les propriétaires des mines situées près dudit contact des granites; car si la roche granitique plongeait sous les roches soulevées, comme le représentent souvent les coupes théoriques des terrains; il y aurait des motifs à se méfier de l'importance des mines d'argent situées vers la limite des terrains secondaires, attendu, que les filons d'argent en entrant dans ces derniers, changeraient indubitablement de nature.

(B) Au-dessus de ces roches compactes, peu calcaires et à peu près à mi-côte de la montagne, apparaît une couche porphyrique, dont la masse est d'un gris noirâtre, parsemée de tout petits cristaux feldspathiques blancs et d'autres, probablement d'amphibole noire. Cette roche change entièrement la nature des filons et on en voit un sur le chemin qui conduit à la mine de Huerta, qui en traversant cette couche ne renferme que des minerais de fer oligiste. micacé, dont on ne trouve pas la moindre trace dans les filons argentifères de la même montagne. 2ᵉ Etage.

(C) Au-dessus de cette couche porphyrique vient une suite de couches calcaires compactes, plus ou moins argileuses, non magnésiennes, de diverses nuances; tantôt d'un gris jaunâtre ou blanchâtre, tantôt d'un gris obscur bleuâtre. L'ensemble de ces couches calcaires a plus de cent mètres de puissance, et elles ne diffèrent les unes 3ᵉ Etage.

des autres que par la proportion du carbonate de chaux et de l'argile attaquable (ou de la silice soluble dans la potasse) qu'elles renferment. Les plus calcaires se trouvent à l'extrémité sud de la montagne. Ainsi un échantillon de roche, d'un gris obscur, un peu bleuâtre pris dans la roche qui encaisse un filon, donna à l'analyse.

0,65	de carbonate de chaux;
0,06	d'argile attaquable par les acides;
0,29	d'argile inattaquable.
1,00	

Cette roche est d'une structure semi-cristalline, cassure conchoïde large. Un autre échantillon pris à l'extrémité nord, à l'endroit où se trouvent la Colorada et la Caldera, ne contenait que :

0,16	de carbonate de chaux;
0,08	d'argile attaquable;
0,76	d'argile inattaquable.
1,00	

Cette roche est parfaitement compacte, à cassure plane, d'un gris blanchâtre, et les plans de fissure sont couverts de dessins dendritiques noirs. A cet étage, sur la pente orientale de la montagne, on voit quelques assises marneuses blanches, terreuses, et au milieu de ces roches on trouve quelques lits de marnes empâtant des fragments de silex pyromaque. Je n'ai pas trouvé dans ces couches, du moins dans la partie de la montagne traversée par les filons métallifères, la moindre trace de débris organiques; mais on rencontre sur leur prolongement, à l'extrémité sud-est de la montagne, sur le chemin de Tunas, une couche du même calcaire que le premier des deux échantillons dont je viens de donner l'analyse,

contenant de petites gryphées semblables aux gryphées virgules de l'argile de Kimmeridge. J'ai appris dernièrement qu'à peu près à 3 lieues plus à l'est près de la mine d'argent de Las Cañas on trouve des roches très-abondantes en fossiles, dont quelques-unes que j'ai vues dans une collection des particuliers, étaient identiquement les mêmes que celles de la Cuesta de Manflas.

(D) Enfin, vers le sommet de la montagne, au-dessus des couches calcaires précédentes, se trouvent des couches de 2 à 3 mètres d'épaisseur d'un porphyre composé d'une masse compacte noirâtre, au milieu de laquelle en voit de larges cristaux hémitropes d'un blanc sale, qui me paraissent être du feldspath labrador. Le porphyre ne recouvre pas toute la montagne, mais seulement la partie méridionale de son sommet le plus élevé : de sorte que, tandis que les couches calcaires (C) se cachent sous les porphyres à l'extrémité sud, elle sortent au jour et couvrent la crête de la montagne à son extrémité septentrionale. 4ᵉ Etage.

Telle est la composition en grand de la monde Agua Amarga. Ajoutons qu'on n'y trouve pas de conglomérats, ni de grès, ni d'argiles, ni de marnes crayeuses. Les roches ne présentent pas de signes d'une grande dislocation, et au simple aspect de la montagne, on dirait qu'elle a été soulevée en masse à la fois, en recevant l'impulsion principale de la force du côté de l'ouest.

Cette montagne se trouve coupée par un nombre de filons métallifères beaucoup plus considérable que celui des filons de Chañarcillo ; mais on n'y voit pas de filons d'une aussi longue étendue que les filons de la Colorada et de la Descubridora, de cette dernière montagne. La plupart Filons.

des filons de Agua Amarga courent du nord au sud, et il y en a beaucoup dont la direction est nord-est. Il est à remarquer que la montagne se trouve aussi allongée en deux sens, savoir : du nord au sud et de sud-ouest au nord-est. On voit sur le plan de cette montagne (*Pl. VII*) la disposition des principaux filons, et il faut que je dise que j'ai omis plus de la moitié de ceux qui avaient été à peine entamés par les mineurs. Presque tous ces filons descendent verticalement, et leur largeur varie de quelques centimètres à 1 mètre de puissance. Leurs gangues et leurs minerais sont tout à fait les mêmes que ceux de la partie supérieure des filons de Chañarcillo : on voit même que leurs directions correspondent à celles des principaux filons de cette montagne.

Les filons de Agua Amarga se trouvent très-fréquemment coupés et interceptés par des *croiseurs* qui sont ordinairement verticaux (*cruceros parados*) comme les filons principaux.

Plus de 200 de ces filons avaient été exploités, et plus de 200 mines se trouvent abandonnées; un grand nombre de maisons de mineurs qui tombent en ruine; l'immensité de déblais et de décombres qui gisent de tous côtés de la montagne, et quelques huttes qui restent encore et où demeurent une vingtaine de mineurs, dont la plupart s'occupent à trier ces décombres et en séparer quelques restes de bon minerai ; tout, en un mot, présente un aspect bien triste, l'aspect d'une ville après l'incendie. Les mines qui avaient beaucoup de renommée dans le temps sont la Caldera, la Colorada, la Molinera, la mine de Huerta ou de Filiberto et la mine de Aris.

Mines. La *Caldera* était une des mines les plus riches de

Agua Amarga. Son filon affleure près du sommet de la montagne, sur sa pente occidentale, dans la partie de ces roches calcaires (C), qui ne sont pas recouvertes par le porphyre. Toute sa richesse, qu'on m'a assuré avoir consisté en *plomo verde* (ce qui signifie argent corné vert ou argent chloro-bromuré), se trouvait près de la surface de la montagne. Cette mine avait été approfondie jusqu'à plus de 80 mètres au-dessous des affleurements, et à cette profondeur, on a trouvé une *mesa-piedra* ou couche qui rendit ce filon tout à fait stérile, et que je crois être la couche porphyrique (B). A cause de ce contre-temps, on fut obligé de suspendre pendant plusieurs années les travaux, et j'ai ouï dire qu'après les avoir repris il y a un an, on parvint à traverser cette *mesa-piedra*, et on retrouva du minerai.

La *Colorada* se trouve à la jonction d'un filon qui court du nord au sud, avec un autre filon qui se dirige de l'est à l'ouest. De grandes excavations qu'on voit près près de la surface indiquent l'endroit où se trouvait la principale richesse de la mine. Un minerai ocreux rouge, que j'ai vu extraire du triage des anciens déblais, était identiquement le même que celui de la plupart des minerais chloro-bromurés de Chañarcillo; un autre minerai noir, composé d'un mélange de chlorure et d'argent métallique semblable au minerai nommé *barra-negra*, à Chañarcillo, venait d'un filon croiseur qui aboutissait au filon principal; et je dois à l'obligeance des mineurs un échantillon provenant de cette mine, qui contenait du chlorobromure d'argent vert, cristallisé en cubes, portant des troncatures sur les angles, et ayant plus d'un millimètre de côté.

La *Molinera* est un des filons qui affleurent près du sommet de la montagne, dans sa partie couverte par la couche porphyrique (D). Les filons sont en petit nombre, et le seul qu'on continue encore à exploiter est celui de la mine nommée *Mina de la Huerta*, située à l'extrémité sud de la montagne. On voit dans cette dernière mine deux filons qui courent du N. au S., et un troisième qui les croise en se dirigeant du N.N.O au S.S.E. Les filons qui coupent toute l'épaisseur du terrain, en commençant par la couche supérieure (D), avaient aussi donné, près de la surface, des gangues et minerais de même nature que les autres. Les déblais de cette mine, composés en grande partie de pierres très-chargées de carbonate de chaux me donnèrent à l'essai (après avoir été soumis à un léger triage) 23 marcs d'argent au caisson (environ 0,002). Le minerai de ces déblais est du genre de los *pacos* et *colorados* de ce pays, et ne contient que de l'argent chloro-bromuré. C'est ici que se trouvent les affleurements les plus élevés des filons de cette montagne. La couche de porphyre a ici plus de 40 mètres d'épaisseur, et c'est à peu près à 35 *estados* (58 mètres) de profondeur qu'on arrive aux couches calcaires de l'étage (C).

La *Mina de Aris* se trouve au pied de la montagne. On y voit trois filons très-rapprochés les uns des autres, et dont les directions sont N. 25° O., N. 10° E. et N. 23° E.; on y rencontre en outre plusieurs autres filons croiseurs. Cette mine produisait encore, en 1842, beaucoup de minerai chloruré; elle a environ 40 mètres de profondeur, et comme je viens de dire, à cette profondeur, on ne rencontre pas encore le granite.

Ce qui m'a paru remarquable, c'est que dans le prolongement des affleurements de cette mine, à peu près à 120 mètres du pied de la montagne du côté de l'ouest, et déjà, dans la masse granitique, on voit un large filon courant dans la direction N.25°O., où on ne trouve plus la gangue ni les minéraux des filons argentifères, mais une gangue quartzeuse contenant du carbonate et du silicate de cuivre, mélangé de fer spéculaire, présentant tous les caractères des minerais qui sortent des filons cuivreux de la côte.

En observant, dans les principales mines de cette montagne, la hauteur où sont situées les galeries dont les grandes excavations indiquent les endroits où se trouvaient de grands amas de minerai, et comparant ensuite mes observations avec les notes que me donnaient les vieux mineurs et propriétaires des mines à Vallenar, je me suis assuré qu'ici, comme à Chañarcillo, les parties riches des filons s'étendent horizontalement, ou, plus exactement, parallèlement aux divisions des couches, et correspondent à certains étages ou certaines couches de terrains. D'après cela, il doit y avoir trois étages productifs ou enrichissant les filons et un étage stérile. Les trois premiers sont : 1° l'étage supérieur ou celui des couches porphyriques du sommet, dans lesquelles affleurent les filons de *la Molinera* et de *la Huerta* ; 2° l'étage moyen, qui correspond à la hauteur à laquelle affleurent les filons de la Caldera, de la Colorada, et on peut le dire la plupart des filons de Agua Amarga sur les deux pentes opposées de cette montagne. Cet étage comprend probablement tout le système de couches calcaires (C), situées entre deux groupes de couches porphyriques.

Enfin l'étage inférieur dont on ne connaît pas jusqu'à présent la limite d'en bas, est celui où se trouvent les travaux de la mine de Aris. Quant à la région stérile de cette montagne, je crois qu'elle correspond à ces couches porphyriques (B) qu'on rencontre à la mi-pente occidentale de la montagne, et que nous avons signalées en parlant des roches.

Maintenant, lorsqu'on songe que la plupart des mines de cette immense montagne n'ont que 10 à 15 mètres de profondeur; que les plus riches d'entre elles n'ont été reconnues que tout au plus à 80 mètres de distance verticale au-dessous des affleurements; qu'enfin, la hauteur à laquelle se montrent les affleurements de la partie productive de la mine de Huerta étant de 1.418 mètres au-dessus du niveau de la mer, et celle de la partie productive de la mine de Aris, de 1.105 mètres au-dessus du même niveau, on a constaté la présence du minerai riche de cette montagne dans une épaisseur de 313 mètres de terrain, on voit qu'on a des motifs à croire qu'une compagnie qui consacrerait les fonds nécessaires pour reprendre l'exploitation de ces mines en grand, et qui ferait exécuter des travaux de recherche avec méthode, économie et connaissance du terrain, aurait beaucoup de chances pour réussir.

En quittant maintenant les mines de Agua Amarga et se dirigeant au sud-est, on tombe d'abord sur la mine d'argent de las Cañas, située dans le même terrain que celui que nous venons d'examiner, et puis sur une autre *Rincon de las Tunas*, dont les roches encaissantes ressemblent beaucoup aux couches inférieures du terrain de Chañarcillo. Ici ces couches plongent encore à l'est

comme celles de Agua Amarga, et le filon sort au jour parallèlement aux plans de stratification (*Pl. V, fig.* 5), formant une espèce de filon-couche, qui, à la profondeur de 20 à 30 mètres, coupe la couche du *mur*, descend verticalement, et glisse entre deux autres, sautant (*dando brincos*, comme disent les mineurs) d'une couche à l'autre. Ce filon a été trouvé productif aux affleurements (*a*) et dans les couches inférieures (*b*), tandis qu'il n'accusait la moindre trace de minerai en traversant la couche intermédiaire (*c*).

A 1 kilomètre et demi de distance au sud de cette dernière mine on trouve les mines d'argent de Tunas, qui dans le temps produisaient presque autant d'argent que celles de Agua Amarga. Ces mines n'occupent qu'un petit espace d'environ 700 à 800 mètres en longueur et 800 en largeur. C'est encore le même terrain, la même nature de filons, de gangues et de minerais, que dans les mines de Agua Amarga, avec cette unique différence que les mines de Tunas, se trouvant plus à l'est, un peu plus rapprochées des Andes, et dans une montagne beaucoup plus basse que Agua Amarga, il en résulte que ces filons et leurs minerais, de même que ceux de las Cañas et du Rincon de Tunas, ressemblent déjà aux filons et minerais de la partie inférieure de Chañareillo et de Ladrillos. En effet, les minerais qu'on extrait actuellement de Tunas ne contiennent pas d'argent corné et leur principale richesse consiste en argent natif et en argent rouge associé à de l'arsenic natif et à des arsénio sulfures. On les voit toujours mélangés d'arséniate de cobalt et d'arséniate de chaux cobaltifère, qui du reste accompa-

Mines d'argent de Tunas.

gnent généralement de la plupart des minéraux d'argent du Chili.

Il y a à Tunas grand nombre de filons, et presque tous courent du N. au S. Ils sont presque verticaux et on les voit accompagnés par de nombreux *filons croiseurs*. Dans tous ces filons la richesse disparut dans la profondeur, de sorte qu'en 1840 on n'y travaillait que quatre mines : savoir, la *Guia*, la *Castañona*, la *Gibejela*, et *el Pleyto*; toutes les autres étaient abandonnées. J'ai ouï dire que la Castañona seule avait produit plus de 2 millions de francs de minerai qu'on avait trouvé près de la surface.

J'ajouterai qu'à l'est des mines du Carriso, de Agua Amarga et de Tunas, on trouve de nombreux filons de cuivre gris et de galène, dont un des plus importants avait été pendant quelque temps exploité au Cerro Blanco.

Terrain granitique.

Mine de cuivre de los Camarones.

Lorsque, partant du pied de la montagne de Agua Amarga, on se dirige à l'ouest j'ai déjà dit que la première chaîne de montagnes qu'on rencontre de l'autre côté de la vallée, se compose de masses granitiques renfermant des mines d'or et de cuivre. Dans une de ces dernières, en face des mines d'argent de Agua Amarga, et à peu près à trois kilomètres de distance de ces dernières, se trouve la mine de cuivre de *los Camarones*. Le filon court de S.-E. au N.-O.; il est presque vertical et s'incline légèrement à l'est. Il affleure sur une longueur de plus de 800 mètres, et, au milieu des substances qui le composent, on voit deux veines métallifères, séparées le plus souvent par une espèce de cloison en roche dioritique, semblable à la roche encaissante. Les endroits où ces veines se joignent sont ceux où on

trouve les masses les plus considérables de minerai : on a aussi remarqué qu'en général une des deux devenant très-riche, l'autre s'appauvrit en même temps, et vice versa. Par cette raison, la méthode que l'on a suivie pour l'exploitation de cette mine consiste à conduire les galeries par une des deux veines, et à percer de temps en temps des galeries latérales (des *estocadas*) pour reconnaître l'autre. On a même été obligé, dans quelques parties du filon, de suivre chaque veine séparément et de mener deux galeries parallèlement l'une à l'autre.

La roche encaissante est de deux côtés également dure et solide : c'est nne roche dioritique, composée de feldspath blanc et d'amphibole noire ou vert foncé identique à celle qui renferme les mines les plus riches en cuivre du Chili, comme celles du Carrisal, de San-Juan, de la Higuera, etc. Les salbandes sont formées d'une argile grise, douce au toucher, nommée par les mineurs *javoncillo*. Il y a grande variété dans les minerais; ceux de la partie voisine des affleurements se composent de carbonate, de silicate et d'oxydule de cuivre, et ceux d'en bas de cuivres pyriteux et panachés. Les minerais oxydés ont leurs gangues chargées d'argiles ferrifères, de fer micacé et de chaux spathique; les minerais sulfurés sont ordinairement plus quartzifères. Ils renferment en même temps beaucoup de trémolite ou d'amphibole asbestiforme.

C'est une des mines de cuivre les plus anciennement exploitées au Chili. Son premier propriétaire, un Polonais nommé Borkowski, officier au service du Roi d'Espagne, entreprit l'exploi taon et le traitement de ses minerais à la fin du der-

nier siècle, à une époque où le cuivre se vendait 6 ou 7 piastres le quintal, et encore fallait-il le transporter à Lima ou à Buénos-Ayres pour le vendre. On assure que malgré des circonstances si désavantageuses pour l'entreprise, il réussit à en obtenir de grands bénéfices, et laissa une fortune assez considérable, résultat du produit de cette mine. Celle-ci fut ensuite vendue à une compagnie anglaise qui continue à l'exploiter avec activité et profit. Quinze à seize *barretas* (32 mineurs) travaillant dans cette mine, en retirent environ 40 caissons (2.500 quintaux) de minerai par mois depuis bien des années. Les minerais tiennent ordinairement 18 à 20 p. o/o de cuivre, et il y en a dont la loi monte à 50 p. o/o. Une usine, composée de 2 fours à réverbère pour la fonte et d'un grand four à réverbère pour le grillage, est bâtie à quelques mètres de distance de l'entrée de la mine. Le bois vient aussi des environs, et ce bois, consistant en majeure partie en une espèce de grand *cactus* arborescent (*lormata*) et de branchages d'arbustes d'une végétation rabougrie, brûle avec une rapidité étonnante, en produisant un feu assez actif pour la fonte. On consomme 130 à 160 petites charges d'ânes de ce bois par 64 quintaux de minerai, pour la fonte crue, et on exporte en Angleterre les mattes qu'on en retire. On exporte aussi à l'état cru tous les minerais dont la loi s'élève au-dessus de 24 p. o/o et on jette dans les déblais ceux qui tiennent moins de 7 à 8 p. o/o de cuivre.

De l'autre côté de cette montagne dioritique où se trouve la mine de Los Camarones, passe le chemin de Vallenar à Coquimbo. En prenant ce chemin, on passe d'abord près d'une mine de

mercure et de cuivre, nommée *mina del Molle*, puis par les *lavaderos*, ou sables aurifères, de la Higuera, et près de nombreuses mines d'or anciennement exploitées, puis on arrive au Cerro de la Ventura, situé à la limite du département de Coquimbo. De ce point le chemin descend par la vallée de los Choros et va directement à Coquimbo en passant par les mines de cuivre de la Higuera. Comme tout ce chemin ne traverse que le terrain granitique, et ne touche le bord du terrain stratifié qu'en un seul point, près de *Agua de Palacios*, on n'y remarque que diverses variétés de roches granitiques, beaucoup d'anciennes mines d'or et de cuivre et point de mines d'argent.

M'étant trouvé dans la nécessité d'abréger mon voyage, j'ai choisi ce chemin, en revenant, en 1843, des mines de Copiapo, sans m'arrêter ni dévier de ce chemin. Mais le parti que devrait prendre un géologue pour l'étude des deux terrains ou pour la recherche des mines, serait de suivre cette chaîne de terrains argentifères que nous avons laissés à Tunas et se diriger au sud. Il examinerait d'abord le gisement des mines de cuivre argentifère de San-Antonio, puis de là il tâcherait d'aller visiter la montagne et les anciennes mines abandonnées de Chingoles; de là il pourrait encore faire une excursion à Machetillo, et il reviendrait par les mines d'amalgames natifs d'Arqueros. Toutes ces mines de San-Antonio, Chingoles, Machetillo et beaucoup d'autres, se trouvant déjà hors de la première ligne du contact des deux terrains, et assez éloignées de la mer, ne produisent que des minerais de cuivre et de plomb argentifères, et point de chlorure ni de chloro-bromure d'argent.

(Il y aurait maintenant à donner la description du terrain et des mines de la côte, en passant par le chemin de Freyrina et par les montagnes de la Higuera, de San Juan et Carrisal. Je n'ai pas eu le temps de compléter ce travail, que j'enverrai plus tard.)

(*La suite au prochain numéro.*)

MÉMOIRE

Sur la constitution géologique du Chili

(Suite et fin) ;

Par M. IGNACE DOMEYKO, Professeur de minéralogie et de géologie au collége de Coquimbo (Chili).

§ III. CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DU SYSTÈME DES ANDES ET DES TERRAINS QU'IL TRAVERSE SOUS LA LATITUDE DE COQUIMBO.

La ville de Coquimbo ou de la Serena est le chef-lieu de la province de Coquimbo et le centre du commerce du cuivre et des minerais de cuivre que produit le Chili. Cette ville, qui compte actuellement plus de 6.000 habitants, se trouve à un quart de lieue de la baie de Coquimbo, à 3 lieues du port de ce nom et au centre d'un bassin tertiaire très-moderne qui remplit une ancienne baie de cet endroit. Ce bassin a plus de 3 lieues dans la direction du méridien, et environ 1 lieue dans sa plus grande largeur (1).

Terrain granitique de la côte.

Le terrain qui sert de fond et de bords à ce bassin se compose de masses non stratifiées de la même nature que celles qui constituent toute la côte de l'océan Pacifique. Géologiquement parlant c'est un terrain de cristallisation, un groupe de roches de formation ignée, un terrain, en un mot, de ceux qu'on a l'habitude de nommer *primitifs*. Si maintenant on examine la nature minéralogique de

(1) Je me propose de donner la description détaillée de ce terrain tertiaire de la côte dans un mémoire à part.

ces roches, on la voit, presque à chaque montagne, changer d'aspect et de caractères extérieurs, mais conservant toujours un certain facies propre aux roches de soulèvement et composée des mêmes éléments.

Ainsi, en partant de l'extrémité nord-ouest de la baie de l'endroit nommé Punta de los Teatinos, et parcourant tout le contour du bassin tertiaire jusqu'à son extrémité méridionale, on voit les roches suivantes sortir au jour et former des montagnes plus ou moins semblables les unes aux autres.

Syénite. Le rivage de l'Océan à la Punta de los Teatinos est composé de syénite qui renferme en même temps du mica. On y distingue deux espèces de feldspath, dont l'une rougeâtre, présentant les clivages nets de l'orthose, et l'autre, blanchâtre, d'un clivage moins facile, et plus facile à se désagréger, me paraît être de l'albite.

A peine passons-nous à une montagne qui se trouve du côté du nord, que le mica et l'amphibole disparaissent, et que la roche devient une espèce de pegmatite composée de quartz et d'orthose. Cette roche se trouve coupée par des veines de quartz compacte et par d'autres de feldspath rose, compacte, contenant de la tourmaline noire, associé quelquefois à l'épidote.

Diorite. En tournant au nord-est, le quartz disparaît, et on trouve des masses dioritiques composées de feldspath blanc et d'amphibole verte ou noire. Les masses, dans quelques endroits, se trouvent tellement chargées d'amphibole, que la roche devient noire et forme une espèce de grünstein. Il arrive qu'au milieu d'une masse dioritique où le feldspath prédomine, on voit des taches, des veines,

des boules et des amas considérables de ces roches noires cristallines, qui passent à leur tour aux roches compactes, euritiques, provenant peut-être d'un mélange intime ou d'une fusion des deux éléments.

Eurites et porphyres.

Ces masses dioritiques de diverses nuances entourent le bassin tertiaire du côté du nord-est, et aboutissent à la montagne de Brillador, où se trouvent les mines de cuivre exploitées depuis les temps très-anciens. Cette montagne, du côté de la mer, est euritique ou composée d'une roche feldspathique à structure cristalline, contenant une très-faible proportion d'amphibole. La même montagne du côté du sud est porphyrique, et la roche est un porphyre à pâte grise, verdâtre, renfermant des cristaux d'albite. Cette dernière roche et des eurites de diverses nuances s'étendent jusqu'à la Quebrada de Santa Gracia, et renferment beaucoup de filons de fer, de cuivre et d'or.

Diorite.

Des diorites à gros grains, à base d'amphibole verte, fibreuse, s'étendent de l'autre côté de cette Quebrada, et passent ensuite aux granites proprement dits du côté de Cutun. Dans ces diorites, on voit sur le chemin d'Arqueros un large filon d'hématite brune parfaitement pure.

Granite.

En passant maintenant de l'autre côté de la rivière, en face de Saturno (à 6 lieues de l'embouchure de la rivière), on trouve d'abord des granites qui prennent beaucoup d'extension du côté du sud, où ils renferment un grand nombre de filons et de sables aurifères à Talca et à Andacollo.

Roches compactes homogènes.

En descendant par la rive gauche de la rivière, on voit, en face de Algarrovito (5 lieues de la mer), des roches ressemblant beaucoup à des phonolites, soit par leurs caractères extérieurs, soit par

le son qu'elles produisent lorsqu'on les frappe avec un marteau. Ces roches sont grises, compactes, avec indication de tout petits cristaux feldspathiques blanchâtres. Dans ces roches, on voit un large filon cuivreux autrefois exploité.

Diorite. Plus à l'ouest, on arrive aux roches dioritiques qui constituent une longue rangée de montagnes depuis Cerro Grande jusqu'à la Cuesta de Peralta (10 à 11 lieues). Ces montagnes abritent une vallée longitudinale tertiaire du côté de l'est, et renferment beaucoup de mines de cuivre; notamment celles de la Cruz de Caña, del Peñon, de Tambillos, del Buitre, etc. Ces roches dioritiques sont à base d'albite; mais, en général, ce dernier se trouve tellement mélangé d'amphibole qu'il est difficile d'en séparer, à l'état de pureté, une quantité suffisante pour faire une analyse. Cependant ce feldspath se montre quelquefois parfaitement pur et cristallisé, formant des veines au milieu de la roche. J'ai trouvé par hasard une de ces veines près de la mine de cuivre du Peñon, et cela m'a donné l'occasion d'examiner cette espèce minéralogique avec soin.

Albite. L'albite y forme des cristaux groupés sans aucune symétrie et accompagnés d'amphibole fibreuse. Les cristaux sont d'un blanc sale, tirant un peu sur le vert. Ils ont 15 à 20 millimètres de longueur et environ 8 à 10 millimètres de largeur; ils sont hémitropes, semblables aux cristaux de *péricline*; c'est-à-dire que les cristaux, au lieu de se joindre parallèlement à l'axe du cristal, sont réunis parallèlement à la base : chaque prisme se compose de la base P, de deux faces M provenant de troncatures sur les arêtes verticales, et de deux autres provenant de troncatures sur les angles aigus

de la base. La face M forme un angle presque droit avec la face P, et l'angle rentrant, au lieu d'être sur la base, se trouve sur la face M. Il y a deux clivages, dont l'un, qui est facile et qui a un éclat vif perlé, se trouve parallèle à la face P, et l'autre, moins facile, parallèle à la face M. La structure transversale est grenue et d'un éclat presque vitreux. Au chalumeau, ce minéral est un peu moins fusible que l'orthose : il devient blanc, translucide, et se fond sans donner un verre bulleux comme l'orthose, Son p. spéc. = 2.681. L'analyse m'a donné pour la composition du

	Feldspath.		Amphibole qui l'accompagne.
Silice.	0,6415		0,511
Alumine.	0,2165		0,010
Protoxyde de fer.	0,0130		0,082
— de manganèse.	0,0155		0,025
Soude.	0,0690	magnésic.	0,145
Potasse.	0,0080		
Chaux.	0,0190		0,206
Perte au feu. . .	0,0110		»
	0,9935		0,979

On voit, par conséquent, que, d'après la composition et le poids spécifique de ce feldspath, ce minéral se rapproche de la variété d'albite, nommée Oligoklas, par M. Berzélius. Je crois que c'est l'espèce qui entre dans la composition de toute la chaîne de montagnes qui s'allongent dans la direction S. S. E., et s'étendent depuis Cerro-Grande jusqu'à la cuesta de Peralta. Elles se trouvent souvent interrompues par de gros filons, des dykes et des amas d'un porphyre albitique, dont la pâte est d'un gris foncé compacte et les cristaux larges, très-aplatis, minces, presque de même couleur

Porphyre albitique.

que la pâte, doués d'un éclat vitreux assez vif, présentant des clivages très-faciles parallèles à la base, et quelquefois des angles rentrants, très-obtus, sur les faces de ces clivages. Cette roche porphyrique est extrêmement tenace, et se montre très-souvent dans ce terrain granitique de la côte.

Roches dioritiques et manière dont elles se désagrégent.

Le fond de la vallée qui s'étend au pied de ces montagnes dioritiques, est formé de granite, comme on peut le voir dans les travaux inférieurs des mines de cuivre de Tambillos; mais en s'approchant de la mer, on voit encore reparaître les mêmes diorites, formant trois montagnes arrondies, isolées des autres, et dont la plus haute porte le nom de *Pan de Azucar*. Ces roches, comme beaucoup d'autres appartenant au même *terrain*, ont la propriété de se désagréger, de telle manière qu'elles tombent par plaques en commençant par les arêtes et les angles les plus saillants, et s'arrondissent sur place en prenant la forme de ces blocs erratiques dont les plaines du nord de l'Allemagne et de la Pologne sont parsemées. C'est aussi cette même roche qui forme souvent des dykes et des amas au milieu des granites proprement dits. Comme ces granites se désagrégent d'ordinaire plus facilement que les diorites et les porphyres dioritiques, il en résulte que pendant que la masse granitique qui entoure ces derniers se réduit en sables et graviers, on voit encore ces dykes et amas de roches dures rester debout et s'élever au-dessus des débris granitiques. Vient ensuite le temps où ces hautes murailles privées des masses qui les avaient soutenues s'écroulent sous leur propre poids, et par suite de tremblement de terre, couvrent de leurs fragments, fendus et fracturés

en tous sens, les masses de détritus granitiques et s'enfoncent au milieu des sables et graviers. Comme en outre ces blocs dispersés à la surface du terrain ne conservent pas leurs angles et arêtes, et avec le temps s'arrondissent et se couvrent de leurs propres debris; il s'ensuit qu'au bout d'une époque plus ou moins longue, tout le terrain prend l'aspect d'un amas de sables et de graviers parsemés de pierres roulées, tout à fait semblables aux collines d'alluvion, produites par l'action des forts courants d'eau.

Formation de collines semblables aux collines d'alluvion, par la seule action atmosphérique.

Pour rendre plus visible la manière dont les gros fragments de ces roches se rangent en amas de pierres roulées, j'ai représenté *Pl. V*, *fig.* 6, un gros fragment de diorite qu'on voit au pied du Pan de Azucar et qui a plus de 80 mètres cubes de volume. Ce bloc s'est détaché probablement de la crête saillante de la montagne, par suite de quelques fortes secousses ou de tremblements de terre, et en conséquence de la désagrégation locale de la partie de la roche qui l'avait soutenu. En tombant, il s'est fendu en trois parties formant deux blocs de formes pyramidales placés sur leurs bases, et un troisième ayant son sommet en bas. Or chacun de ces trois blocs se désagrégeant en place, et s'arrondissant sur ses arêtes et ses angles aigus, celui d'en haut baisse continuellement, en se glissant entre les deux autres, et il viendra un temps où on ne verra plus que trois boules ou pierres roulées semblables aux blocs émoussés par les eaux.

A l'ouest de la montagne dioritique du Pan de Azucar, on voit des roches feldspathiques compactes et des porphyres albitiques gris noirâtre comme ceux que je viens de décrire. Ces roches, tantôt

Porphyre albitique.

se fendent en tous sens indistinctement, tantôt présentent trois systèmes de divisions qui partagent la roche en prismes rhomboédriques. Par suite de ces divisions, la roche peut prendre l'aspect d'une roche stratifiée à couches fortement redressées. On remarque aussi qu'un des trois systèmes de fentes qu'on observe dans ces roches, a presque toujours une direction parallèle à la chaîne principale des Andes et qu'un autre se dirige au N.-O.

Syénite.

En avançant encore plus vers la mer, et se tenant toujours à la limite du bassin tertiaire on retombe sur une syénite à feldspath rouge et amphibole verte qui entoure et abrite toute la baie de Coquimbo (tant la baie ancienne, occupée par les terrains modernes récemment soulevés, que la baie actuelle) du côté du sud.

Pegmatite.

En arrivant au port où se termine le rivage méridional de la baie, on ne voit que des pegmatites composés presque exclusivement de quartz et de deux espèces de feldspath, dont l'une est blanche, se désagrégeant avec facilité, et l'autre d'un blanc jaunâtre ou rougeâtre pâle, semblable au feldspath orthose de Baveno.

Orthose à base de potasse et de soude.

Ce dernier feldspath rouge ou jaunâtre est l'élément principal des granites de la côte de l'océan Pacifique. Il est tantôt compacte et amorphe, tantôt lamellaire, se clivant en trois directions comme toutes les variétés connues d'orthose. Je ne l'ai jamais vu cristallisé, ou du moins jamais eu cristaux complets, et on le voit le plus souvent pénétré de petites particules de quartz, dont il est impossible de le dégager complétement.

Un échantillon de ce feldspath, pris sur le rivage même de l'Océan, et dégagé autant que possible du quartz et des matières étrangères, a été analysé

par le carbonate de baryte, et on a trouvé pour sa composition :

Silice.	0,6735
Alumine.	0,2050
Potasse.	0,0661
Soude.	0,0400
Chaux.	0,0070
Magnésie.	0,0042
	0,9958

son poids spécifique = 2,548.

Au milieu de ces pegmatites, du port de Coquimbo, on voit de larges filons presque verticaux de 2 à 3 mètres de puissance, de roches porphyriques noires, tantôt quarzifères, tantôt contenant du feldspath vitreux, semblable au feldspath de certaines roches volcaniques.

Telles sont les masses qui constituent ce qu'on pourrait comprendre sous le nom générique du *terrain granitique de la côte*, aux environs de Coquimbo. Je n'aurai qu'à y ajouter deux remarques.

D'abord, il n'y a aucun ordre dans la manière dont les roches se succèdent les unes aux autres. Souvent dans une montagne on voit diverses variétés, que dis-je, toutes les variétés de roches que je viens de citer, et qui occupent indistinctement le sommet, les flancs ou la base de la montagne, passant insensiblement les unes aux autres. Je pourrais citer une colline située sur le chemin de la Higuera, tout près de la Compania, à une demi-lieue de Coquimbo, où j'ai trouvé, dans un espace de 100 à 150 mètres de longueur et d'autant de largeur, toutes ces roches disposées par amas tout à fait irréguliers, et coupées par des veines d'épidote, de quartz, de feldspath ou d'am- **1re Remarque.**

phibole radiée. De sorte que pour définir tout ce terrain minéralogiquement et par rapport à sa composition chimique, on dirait qu'il y a huit éléments, savoir : la silice, l'alumine, la potasse, la soude, la chaux, la magnésie, et les protoxydes de fer et de manganèse qui, en se combinant en diverses proportions, forment cinq espèces minéralogiques principales, qui sont l'orthose, l'albite, l'amphibole, le mica et le quartz, et deux autres de moindre importance, comme l'épidote et la tourmaline, et que du groupement de ces espèces et de leur mélange plus ou moins intime, résultent toutes les variétés de roches que nous avons indiquées.

2e remarque. Secondement, ce terrain est éminemment aurifère, et il paraît que ce métal non-seulement se trouve dans une infinité de veines et filons qui traversent ce terrain, mais aussi dans la masse des roches mêmes. En effet, ayant recueilli du sable à grains feldspathiques anguleux, à la surface d'une montagne granitique près du port de Coquimbo, à l'endroit où on ne voyait point de veines ni filons, j'ai extrait de ce sable de l'or en particules pondérables, en faisant un essai par voie sèche sur un poids de cent grammes de matière.

Ajoutons, qu'on n'a jamais trouvé dans ce terrain, du moins sur les côtes du Chili et du Pérou, de pierres gemmes, d'étain, de wolfram, ni aucune des autres espèces minéralogiques qui caractérisent les granites anciens; et que les seuls métaux qui se trouvent associés à l'or sur cette côte sont le fer et le cuivre.

Quittons maintenant la baie de Coquimbo et dirigeons-nous par la vallée du même nom, vers

la ligne des faîtes, dans le but d'examiner le système de terrains de ces montagnes.

Ligne du contact des deux terrains.

La vallée de Coquimbo monte d'abord vers l'E. S. E. et à 9 lieues du chemin, à peu près à 6 lieues en ligne droite de la mer : on arrive à la ferme de la Calera, située à 333 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ici la vallée fait un petit détour vers le nord et reçoit les eaux de deux ravins, dont l'un, *Quebrada de la Marqueza*, vient du nord, et l'autre, *Quebrada del Arrayan*, du sud. A une lieue plus à l'est, on arrive à la première *ligne du contact* des roches stratifiées avec le terrain granitique dont je viens de donner la description.

On peut examiner cette ligne, soit en entrant par la Quebrada de Santa Gracia, et passant par le chemin qui conduit aux mines d'argent d'Arqueros, soit en prenant le chemin de la vallée principale, soit enfin en remontant la Quebrada del Arrayan.

Porphyres bigarrés.

Les premières roches secondaires qui apparaissent sur ces trois chemins sont de même aspect et de même nature. Ce sont ces mêmes porphyres *bigarrés* dont j'ai déjà tant de fois parlé dans le paragraphe I[er]. Leur pâte est compacte ou terreuse, bigarrée en brun, gris verdâtre, etc., et les cristaux feldspathiques sont très-petits, irréguliers, souvent réduits à ne former que de très-petites pointes fort irrégulières à peine visibles. Il y a passage insensible d'un terrain à l'autre. Les stratifications apparaissent d'abord par lambeaux, les détritus qui couvrent la surface des montagnes deviennent terreux, ou en poussière très-fine, et ce n'est qu'à une certaine distance du granite que les couches présentent un parallélisme et des plans

de division bien nets et bien visibles. Elles plongent communément à l'est et alternent avec des brèches porphyriques de mêmes couleurs que les porphyres.

C'est aussi à la distance d'environ 2 à 3 lieues à l'est de cette ligne du contact des deux terrains, et aux premiers points culminants du terrain stratifié que se trouvent les mines d'amalgames natifs d'Arqueros, et celles de minerais iodurés de même métal au Cerro de Los Algodones.

Je renvoie pour la description des premières à mon mémoire, inséré dans les *Annales des Mines*, 3e série, t. XX, p. 265, et je vais parler du gisement de ces dernières.

Mines d'argent de los Algodones.

Le chemin de ces mines monte par la Quebrada del Arrayan, et à peine a-t-on fait une lieue, à partir de la Calera, qu'on se trouve déjà dans les porphyres bigarrés, qui forment ici des couches fort épaisses et régulières. On met environ 2 heures à monter la montagne de los Algodones, composée de ces porphyres, au milieu desquels on voit quelques couches de porphyres identiques à ceux qui recouvrent la montagne de Agua Amarga (p. 477). Au sommet de la côte, en face de Potrerillo, on rencontre une espèce de grès rouge à grain semi-cristallin, composé de petites particules blanches et rouges. Les blanches paraissent être du feldspath transformé en kaolin, et si l'on examine les roches qui accompagnent ce grès, on voit que ce dernier passe insensiblement à une variété de porphyre rouge, dont la pâte est rouge et le feldspath en tout petits cristaux très-irréguliers.

Chemin faisant on rencontre aussi du porphyre à rognons de jaspe et de calcédoine, et du por-

phyre à noyaux zéolitiques : roches caractéristiques du terrain de porphyres bigarrés.

Situation.

Les mines d'argent de los Algodones se trouvent près du point culminant de la montagne de ce nom, à l'endroit nommé Rincon de la Laja. Elles sont sur le même méridien magnétique que les mines d'Arqueros, et dans la même chaîne de montagnes, à peu près à la même distance de la ligne du contact des deux terrains que ces dernières.

Il y a à peine un an et demi (en 1842) que ces mines ont été découvertes, et on n'exploite jusqu'à présent que deux filons.

Filon del Carmen, où se trouve l'iodure d'argent.

Le premier de ces filons, connu sous le nom de la *Veta del Carmen* affleure à la hauteur de 1.309 mètres au-dessus de la mer, ce qui est à peu près la même hauteur que celle de la mine d'amalgames natifs de la Descubridora, dans la montagne d'Arqueros. Il court du N. 5° à 7° O. au S. 5° à 7° E. et plonge à l'est. Il n'a pas de salbandes; il n'a que 2 à 3 pouces de largeur et adhère à la roche : il se trouve en outre fréquemment interrompu par des *croiseurs*. La roche encaissante est un porphyre dont la pâte est tantôt d'un brun sombre violacé tacheté en diverses nuances de gris, de verdâtre et de bleuâtre, tantôt d'un gris cendré, tacheté en rouge. Parfois on la trouve bréchiforme, c'est-à-dire que les taches de la pâte imitent les fragments anguleux d'une brèche. La structure de cette pâte est presque toujours terreuse et rarement compacte; les cristaux de feldspath très-petits, très-irréguliers, comme dans la plupart des porphyres stratifiés. La même roche contient, au voisinage du filon, du spath calcaire

disséminé en nodules, filets et veines très-irrégulières.

On n'a encore pénétré qu'à une trentaine de vares de profondeur dans ce filon, et on a reconnu que ce filon ne contenait près de son affleurement (à peu près à 6 vares au-dessous de la surface) que de l'iodure d'argent, mélangé d'une faible proportion d'argent natif en particules extrêmement tenues. L'iodure y était disséminé en veinules très-minces et tout à fait irrégulières, mais il y était parfaitement pur, sans aucun mélange de chlore ni d'iode.

Iodure d'argent. Ce minéral est d'un jaune de soufre pâle, un peu verdâtre; il ne change pas de couleur, lors même qu'on le laisse exposé pendant longtemps à l'action directe du soleil. Sa structure est lamellaire; on a reconnu dans quelques petits fragments l'indice de trois clivages rhomboédriques; on voit dans d'autres un clivage très-facile, parfait, d'un éclat nacré, et d'autres clivages moins faciles, indéterminables. Il est plus tendre que le chlorure ou les chloro-bromures et moins flexible que ces derniers; il s'écrase facilement dans un mortier. Il est plus fusible que les chloro-bromures, et en se fondant il devient rouge, puis en se refroidissant il prend une teinte grise verdâtre, sans devenir *corné* comme le chlorure : aussi, il se réduit en poudre avec facilité. Sur le charbon, il se réduit en se couvrant d'une infinité de petites boules métalliques d'un blanc d'argent éclatant. Chauffé dans un matras avec de l'acide sulfurique et du peroxyde de manganèse, il dégage des vapeurs d'iode : il produit les mêmes vapeurs lorsqu'on le chauffe avec de l'acide nitrique, seulement, dans ce cas, il cesse de dégager l'iode au

moment où l'acide entre en ébullition, puis la vapeur violette reparaît lorsque l'acide cesse de bouillir. L'acide muriatique n'exerce qu'une action dissolvante sur ce minéral sans le décomposer, lors même qu'on ajoute du peroxyde de manganèse. Ce minéral ne se réduit pas par le mercure, même en présence d'une dissolution concentrée de sel marin, et par cette raison on ne pourrait pas le traiter par la méthode ordinaire d'amalgamation.

Tel est le minéral trouvé aux affleurements de la Veta del Carmen. Sa gangue se compose en partie de carbonate de chaux, en partie d'une argile extrêmement fine, d'un rouge de brique foncé. Cette substance argileuse, terreuse, caractéristique par la finesse de son grain, est celle dans laquelle les petites particules amorphes et les veinules d'iodure se trouvent de préférence engagées. Je dois en même temps remarquer que la même substance se montre souvent dans le minerai d'amalgame natif d'Arqueros où je viens de reconnaître aussi quelques traces d'iodure d'argent d'un beau jaune citron.

Chloro-bromure et chlorure d'argent.

On a extrait environ 20 à 30 quintaux de ce minerai contenant de l'iodure, de la mine del Carmen; et bientôt après, on trouva à une douzaine de vares plus bas, en veinules aussi irrégulières que celles de l'iodure, et tout à fait dans les même gangues, du chloro-bromure verdâtre tout à fait semblable aux chloro-bromures de Chañarcillo. Ce dernier minéral disparut à son tour, et le filon, à une profondeur plus considérable, donna du chlorure pur accompagné de sulfure d'argent : le minerai devint dans ce dernier cas cuprifère et siliceux.

On avait ensuite poursuivi les travaux de re-

cherche, quoique avec bien peu de monde, pendant dix mois, sans rencontrer la moindre trace de minerai ioduré, lorsque dernièrement on m'envoya de la même mine quelques petits rognons, du poids de 2 à 3 grammes d'iodure parfaitement pur, lamellaire, noircis à la surface par l'argile dans laquelle on les trouva engagés et de forme tout à fait irrégulière. Je ne connais pas bien l'endroit duquel on les a tirés, je sais seulement qu'ils ne proviennent pas des travaux inférieurs de la mine.

Le second filon de la même montagne, beaucoup plus large que le premier, affleure à plus de 200 mètres de celui-ci et à une trentaine de mètres plus bas que la mine del Carmen. Sur ce filon se trouve la mine nommée la Descubridora qui a produit plus de 300 quintaux d'un minerai cuprifère, contenant du sulfure et du chlorure d'argent disséminés dans une gangue silicatée, verte, mélangée de carbonate de chaux. Ce filon court parallèlement au précédent et on y a trouvé du chlorure blanc parfaitement pur, et du chloro-bromure vert semblable à celui de la mine del Carmen : mais ce filon n'a pas produit jusqu'à présent la moindre trace de minerai ioduré.

Les mines de los Algodones font voir que les mêmes filons peuvent contenir en même temps de l'iodure, du chloro-bromure et du chlorure pur, et que ces trois substances, confondues pendant longtemps sous le nom d'*argent corne*, forment trois espèces minérales distinctes. Celle qui paraît être la plus superficielle, c'est-à-dire la plus rapprochée des affleurements, est l'iodure; viennent ensuite les chloro-bromures, et puis, au dessous des

autres, le chlorure. Les deux premières, à ce qu'il parait, ne sont jamais associées à aucune autre espèce minérale d'argent qu'à quelques traces d'argent métallique, tandis que le chlorure se trouve très-souvent accompagné de sulfure d'argent. Les caractères qui les distinguent peuvent, à ce que je crois, se résumer de la manière suivante :

	COULEUR ET ACTION DE LA LUMIÈRE.	DANS UN MATRAS, en faisant bouillir avec de l'acide sulfurique et du peroxyde de manganèse.
IODURE	*jaune*, ne changeant pas de couleur.	Vapeurs d'un beau violet.
CHLORO-BROMURE	*verdâtre*, devenant d'un gris noirâtre.	*Id.* d'un jaune rougeâtre.
CHLORURE	*blanc*, devenant d'un noir violacé.	*Id.* verdâtre.

Il paraît que le bromure parfaitement pur n'existe pas dans la nature : ce qui fait voir que le bromure s'est précipité en présence d'un excès de chlore ; et comme l'eau de mer est un gisement commun pour le chlore, le brome et l'iode, et que les trois minéraux cités se trouvent toujours, au moins au Chili, dans les roches stratifiées de formation marine, ou dans des roches stratifiées porphyriques (qui probablement ne sont que des roches métamorphiques de celles qui pouvaient avoir eu la même origine que les précédentes), on a des motifs de supposer que ces trois espèces minérales doivent leur origine à l'action de l'eau de mer sur les affleurement des filons argentifères, en admettant toujours que ces derniers se soient ouverts avant l'instant, ou plutôt au moment même où ce terrain reçut la première impulsion de la force qui le

souleva. Cette hypothèse nous expliquerait pourquoi on ne trouve ces trois espèces minérales qu'à la partie supérieure des filons et au-dessus des autres minerais d'argent.

Outre les deux filons que je viens de décrire, on en a découvert beaucoup d'autres dans la même montagne : seulement, la surface de la montagne étant couverte d'une couche de terre végétale, les recherches des mines sont difficiles à faire, et l'exploitation même de celles où on a trouvé de l'argent, ne fait pas de progrès.

Terrain de porphyres bigarrés.

En partant de ces mines dans la direction N.-E. on redescend en quatre heures de temps dans la vallée d'Elqui, et dans ce trajet on a l'occasion d'examiner toutes les roches qui entrent dans la composition du terrain stratifié de los Algodones, qui est identique, comme je viens de le dire, avec le terrain d'Arqueros (1). On doit surtout s'arrêter aux escarpements qui se montrent à l'endroit où le chemin commence à descendre du côté de Huallihuayca et qui présentent une coupe de ce terrain sur une épaisseur de 400 à 500 mètres. On y voit des porphyres et brèches porphyriques alternant avec quelques roches compactes qui paraissent être de la même substance que la pâte des porphyres. On y retrouve le même porphyre rouge, ou plutôt d'un brun violacé, dont les cristaux devenant extrêmement petits, irréguliers, terreux, donnent à la roche l'aspect d'un grès rouge. La pâte de ces porphyres forme aussi des assises à part, des couches compactes, très-régulières, de 1 à 2 mè-

(1) Je n'ai pas trouvé à los Algodones cette couche aux hyppurites, qui se trouve intercalée au milieu des porphyres à Arqueros.

tres d'épaisseur, qui alternent avec des lits et strates minces aussi réguliers que les couches de grès rouge porphyroïde dont je viens de parler, et n'ayant souvent que 8 à 10 lignes d'épaisseur. Enfin, au milieu de toutes ces roches de diverses nuances de rouge, de violet et de noir, on aperçoit des bancs de brèches porphyriques, à pâte porphyrique, bigarrées de toutes sortes de couleurs et de nuances.

Il serait long, et probablement inutile d'énumérer les diverses variétés de roches qui entrent dans la composition de ce terrain : on ne remarque aucune règle fixe et rien d'important dans la manière dont elles se succèdent les unes aux autres. Les mêmes roches se répètent mille fois et à chaque étage, en gardant presque toujours un parallélisme presque parfait. On remarque seulement qu'au milieu de ce système de couches parallèles, il y en a qui se plient en forme de Z et d'autres qui paraissent se trouver en stratification discordante avec le reste du système. Cependant, comme on ne voit au milieu de ces anomalies locales aucune roche nouvelle, et toujours la même répétition de porphyres, roches compactes et brèches porphyriques, on est fondé à admettre que toutes les roches stratifiées de los Algodones appartiennent à la même époque et au même terrain que celles d'Arqueros.

Lorsqu'on s'arrête au sommet de ces escarpements, et qu'avant de descendre de ce plateau, qui se prolonge jusqu'aux mines de los Algodones, on jette un coup d'œil sur les montagnes environnantes; on voit des escarpements semblables à ceux que nous venons de décrire, se dessiner de tous côtés, formant une espèce d'ellipse allongée dans

le sens de la vallée d'Elqui. Du centre de cette ellipse on voit surgir des masses granitiques dans lesquelles se trouve creusée cette belle vallée. Ces masses granitiques sont composées de la même diorite qui plonge sous le terrain stratifié dans la Quebrada de Santa Gracia et dans celle del Arrayan du côté de la mer; c'est la roche soulevante qui perce pour la première fois le terrain de porphyres bigarrés.

Premier percement du terrain stratifié par les granites.

La facilité avec laquelle ces roches granitiques se désagrégent a donné lieu à la formation de la belle et large vallée d'Elqui, qui n'est que la continuation de celle de Coquimbo. On doit ajouter que cette dernière garde sa largeur depuis la mer jusqu'à la ligne du contact de deux terrains près de la Calera; en touchant cette ligne, elle est obligée de faire un petit détour et se restreint de manière que, dans tout le trajet où elle coupe le terrain stratifié, elle prend l'aspect d'un ravin aux parois presque verticales. En arrivant ensuite aux diorites de Huallihuayca que je viens de citer, elle s'élargit de nouveau, recouvre sa forme évasée, et c'est ici que se trouvent les villages de Tambo de Villa Vicuña, de San Isidro, de la Diaguita, avec leurs vignes, leurs énormes figuiers, leurs beaux jardins et leurs prairies couvertes de luzerne. Cette belle végétation se trouve à 560 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Les granites de cette partie de la vallée ne s'étendent que sur une longueur de 4 à 5 lieues. Là où ils disparaissent sous le terrain stratifié, la vallée se rétrécit de nouveau, et bientôt on arrive à l'endroit où le Rio Claro, qui est un beau torrent d'eau claire et limpide, se réunit au Rio Turbio, remarquable par le contraste que présentent ses eaux

troubles et blanchâtres avec les premières. De la jonction de ces deux rivières résulte la rivière de Coquimbo.

Je renverrai pour tout ce que je pourrais dire sur la géologie de cet endroit, à une notice insérée dans les Annales des Mines, 3e série, t. XVIII, p. 59. Je rappellerai seulement que, dans une masse de montagnes qui séparent les vallées des deux rivières l'une de l'autre, on rencontre au milieu de ce même terrain de porphyres bigarrés qui forme la partie essentielle du terrain secondaire des Andes, un terrain fossilifère tout à fait semblable à celui que nous avons vu à Manflas, Chañarcillo et Agua Amarga. Ce terrain fossilifère se trouve à une hauteur de 880 à 900 mètres au-dessus du niveau de la mer et constitue une partie de la montagne nommée Cerro de las Tres Cruces. Il se compose de plusieurs couches de grès rouge et de grès blanc qui alternent avec des couches d'un calcaire argileux ou sablonneux contenant beaucoup de fossiles, notamment des peignes, des térébratules, des fragments d'ammonites, des nautiles, des spirifers, etc.). On y retrouve les mêmes fossiles que nous avons déjà rencontrés à la montagne de Manflas, et que nous retrouverons encore dans la cordillère de Doña Ana. L'ensemble de ce terrain fossilifère a tout au plus 40 mètres d'épaisseur; ses couches se trouvent fortement redressées

---

(1) En général les peignes et les nautiles se trouvent dans les couches inférieures, et les térébratules, les spirifers, quelques espèces d'huîtres plissées, quelques bivalves, etc. (tous ces coquillages que j'envoie avec ce mémoire, et que j'ai trouvés dans une seconde visite que j'ai faite à cette montagne, en 1844), viennent des couches supérieures.

sous un angle de 45 à 50° avec l'horizontale et plongent à l'ouest; elles s'appuient contre les montagnes granitiques du côté des Cordillères et se trouvent recouvertes par des roches compactes ou arénacées rouges, qui passent, dans la partie haute de la montagne, à des porphyres stratifiés identiques à ceux qui constituent les montagnes de los Algodones, d'Arqueros, etc. (1).

Les couches fossilifères affleurent sur la pente sud-ouest de la montagne près du fond de la vallée, se montrent sur une longueur de 200 à 300 mètres en remontant la côte, et changent de nature à mesure qu'elles s'approchent du sommet de la montagne. Là elles subissent une métamorphose complète dans leurs caractères géologiques et minéralogiques. Les fossiles disparaissent entièrement : au lieu de calcaires argileux, on voit des roches compactes, homogènes, quelquefois schistoïdes, de nature inconnue; au lieu de grès à cailloux quartzeux, semblable au grès des Vosges, on ne rencontre plus que des porphyres rouges, contenant du quartz vitreux et se fendillant en tous sens (2).

En renvoyant maintenant à tout ce que j'ai dit

(1) Lorsque, en 1838, je visitai pour la première fois cette montagne, je ne connaissais pas encore l'ensemble des terrains du système des Andes et le rôle que les porphyres stratifiés jouent dans ce système. C'est pourquoi je prenais souvent ces derniers pour des roches subordonnées aux masses soulevantes.

(2) Ce passage du grès au porphyre, que j'ai déjà remarqué dans plusieurs localités, pourrait peut-être jeter quelque lumière sur la formation de certains porphyres qui se trouvent en si grande abondance dans le terrain stratifié du système des Andes, dans lequel les grès sont si rares.

dans la notice précitée, par rapport aux terrains qui se trouvent sur le prolongement des couches fossilifères de las Tres Cruces, au sud et au nord de cette montagne, je vais poursuivre la description du système des Andes en continuant mon voyage par la vallée de Rio Turbio.

Second percement du terrain stratifié par les granites.

Cette vallée, qui se dirige du nord au sud, a été formée par la désagrégation des masses granitiques qui percent pour la seconde fois ici le terrain secondaire stratifié. Ces masses sortent au jour à une lieue de Ribadavia et s'allongent dans la direction du méridien magnétique. On y trouve de très-belles variétés de granite composé de feldspath orthose rose ou blanc, de quartz laiteux et de mica. On les voit, à deux lieues et demie de Ribadavia, se divisant en prismes verticaux de dimentions colossales de plus de 100 mètres de hauteur. Près de cet endroit on rencontre un granite dans lequel tout le mica se trouve en petits cristaux très-réguliers formant des prismes hexaèdres.

Il faut que je dise qu'à l'entrée dans le Rio Turbio, du côté de Ribadavia, se trouve un rétrécissement de la vallée, produit par un chaînon de roches porphyriques dures qui constituent le reste d'une ancienne digue. Derrière cette digue, du côté d'où vient le courant, on voit les restes d'un terrain de transport moderne de plus de 200 pieds d'épaisseur, dont la surface, tout à fait horizontale, indique le niveau auquel s'élevaient les eaux avant la destruction de la digue. C'est un lambeau du terrain de formation lacustre, dont j'ai déjà eu plusieurs fois l'occasion de parler dans le courant de mon voyage.

A partir de cet endroit, on voit toute la rive gauche occupée par le granite, tandis que sur la

rive droite, on voit ce même granite supportant vers la partie haute des montagnes les couches de porphyres stratifiés; de sorte que la vallée court ici le long de la ligne du contact des granites et du terrain secondaire, et provient de la désagrégation des granites.

En arrivant à la ferme de Chapilca (4 lieues de Ribadavia), on trouve encore ce terrain secondaire au fond d'un ravin qui descend du côté droit de la rivière, et en même temps on voit sur la rive gauche des masses granitiques coupées en tous sens par des filons noirs comme du charbon et composés tantôt de roches compactes, homogènes, euritiques, tantôt de divers porphyres quartzifères, dont la surface prend une couleur noire par l'action de l'air.

La *fig.* 7, *Pl. V*, indique à peu près les dessins que forment ces filons noirs sur les escarpements des granites de la rive gauche de la vallée.

A une lieue de Chapilca, on arrive à l'endroit où la vallée tourne à l'est, et il suffit de monter 1/4 de lieue par la même vallée, pour pouvoir ensuite embrasser dans un coup d'œil (en se tournant vers les escarpements de la rive droite) la jonction des granites d'en bas avec le terrain stratifié qui les recouvre. La *fig.* 8, *Pl. V*, représente, à peu près, le groupement de ces deux terrains de la rive droite.

La vue de ces escarpements est très-intéressante. Des masses granitiques, variées dans leurs formes et dans leurs teintes, coupées à pic et traversées par des filons noirs, contrastent singulièrement avec le terrain stratifié, qui s'étend sur les granites en couches presque horizontales, couvertes de teintes sombres et égales.

Mines d'argent de Chapilca

C'est aussi dans cet endroit, près du contact de deux terrains, que se trouvent les mines d'argent de Chapilca; elles sont actuellement tout à fait abandonnées. Le fond de la vallée se trouve ici à 1.000 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les affleurements des filons ne s'élèvent qu'à une centaine de mètres au-dessus du niveau de la rivière. Ils sortent au jour, par conséquent, à 200 mètres au-dessous des affleurements des filons d'Arqueros et de los Algodones; et, ce qui paraît déroger à la règle générale dans le système des Andes, ces filons argentifères percent en partie le granite même, et donnent des minerais assez riches en argent.

Ces minerais se composent de carbonate de plomb mélangé de sulfate et de molybdate de plomb et de galène. On en a extrait plusieurs *caissons*, en 1841, et le minerai contenait 120 à 150 marcs au caisson (de 64 quintaux). Les plus riches avaient une structure coriacée, provenant de ce que les lames de sulfate de baryte, se croisant en tous sens, laissent entre elles des vides, tapissés intérieurement de carbonate de plomb noir, de carbonate de cuivre vert, d'argent métallique et d'argent chloruré. L'argent y parait se concentrer dans la partie noire.

Parmi les variétés les plus riches de ces minerais, il y en eut une qui attira l'attention des mineurs par sa couleur noire et sa grande richesse. Elle formait une veine de 8 à 10 lignes d'épaisseur, au milieu d'autres minéraux, et je l'ai trouvée composée de :

Carbonate de plomb.	0,1343
— de cuivre.	0,0170
Sulfate de plomb.	0,3770
Argent soluble dans l'acide nitrique.	0,0253
Chlorure d'argent.	0,0026
Sulfate de baryte.	0,2365
Gangue argileuse hydratée et perte .	0,2073
	1,0000

On a aussi trouvé dans les mêmes mines du molybdate de plomb amorphe et cristallisé. Le minéral amorphe, disséminé dans une masse quartzeuse, scoriacée, caverneuse, était tantôt d'un jaune citrin, tantôt d'un jaune rougeâtre. Le même minéral cristallisé se trouvait aussi dans la même gangue et présentait deux espèces de formes, savoir : des tables octogones et des octaèdres surbaissés; les tables étaient d'un jaune clair presque transparent, tandis que les octaèdres avaient une couleur rouge jaunâtre, semblable à la couleur de quelques variétés de topaze du Brésil.

On voit d'après cela que ces minerais diffèrent entièrement, quant à leur composition, de tous les autres minerais d'argent au Chili. Leur gisement, quoique se trouvant au contact des deux terrains, présente aussi quelques particularités notables, à cause de la présence de l'argent dans le granite. Ces minerais sont en même temps aurifères, et l'argent de l'essai fait sur 10 gr. de minerais tenant 120 à 130 marcs au caisson, laisse déjà une quantité d'or pondérable, lorsqu'on le traite par l'acide nitrique. Les seules mines au Chili, dont le gisement paraisse correspondre à celle-ci, soit par la situation qu'elles occupent dans le système des Andes, soit par la nature de leurs minerais, sont les mines de plomb argentifères de San Francisco, en las Condes, sous la latitude de Santiago.

On a dernièrement été forcé d'abandonner ces mines à cause de l'irrégularité et de la pauvreté de leurs filons.

A trois lieues des mines de Chapilca, on arrive à Guanta, petite vallée triangulaire, située au confluent d'un ruisseau nommé Estero de Malpaso, avec le Rio Turbio. On y voit un bouquet de très-beaux arbres fruitiers entourés de tous côtés d'énormes rochers coupés à pic, et le climat y est tellement précoce, que, malgré la hauteur où se trouve le fond de cette vallée, et qui dépasse 1.200 mètres au-dessus de la mer, on voyait déjà au commencement de février des figues de la seconde récolte parfaitement mûres, pendant qu'à Coquimbo les *brevas*, ou figues du printemps, étaient encore sur les arbres.

Il y a deux chemins qui vont de Guanta vers la haute région des Andes, et qui servent de communication avec les provinces Argentines. Un de ces chemins passe par la vallée du Rio Turbio. C'est le plus court, mais il est tellement malcommode et dangereux à cause du grand nombre de fois qu'on est obligé d'y passer la rivière, qu'il n'est praticable pour les voyageurs que pendant une certaine époque de l'année, ordinairement à la fin de l'été. L'autre chemin passe par la vallée du ruisseau de Malpaso; il est moins pénible, et le géologue qui le choisit a l'avantage de passer par la Cordillère de Doña Ana, qui renferme un terrain secondaire extrêmement riche en fossiles.

En allant de Guanta à cette Cordillère on traverse une large vallée nommée Los Llanos de Guanta, creusée dans le même granite, qui s'étend depuis Ribadavia. Ce granite, comme nous

l'avons dit, occupe d'abord toute la rive gauche du Rio Turbio, et une partie de la rive droite; puis, la vallée tournant à l'Est, on traverse toute la masse granitique qui forme des hautes montagnes non stratifiées des deux côtés de la rivière. En arrivant à Guanta, on aperçoit de loin, à l'Est, la limite de cette masse et les couches du terrain stratifié qui la recouvrent. Nous abandonnons la vallée du Rio Turbio qui monte vers l'Est, et nous prenons à gauche vers le Nord; par conséquent nous suivons encore les mêmes masses granitiques, lesquelles, comme on le voit, s'allongent parallèlement à la chaîne principale des Andes.

Dernières habitations et derniers champs cultivés de ce côté des Andes.

Après avoir fait 3 lieues dans ces Llanos de Guanta, on arrive aux dernières habitations et aux derniers champs cultivés de ce côté des Andes. La dernière maison de cette vallée se trouve à 1.943 mètres au-dessus de la mer : on y voit encore de jolies prairies de luzerne, des champs semés de blés, et même quelques pêchers dont les fruits ne mûrissent pas tous les ans.

A l'extrémité de cette vallée (à peu près à 5 lieues de Guanta) le chemin tourne vers l'Est, monte sur des monceaux de blocs dioritiques, à côté d'une cascade nommée Malpaso, et, à 2 lieues plus loin, on arrive à l'endroit nommé Valalá, où les granites qui se transforment ici en très-belles syénites, plongent sous *les porphyres bigarrés*, et ne reparaissent que de l'autre côté de la Cordillère de Doña Ana.

Pour visiter cette dernière on laisse le chemin principal qui se dirige vers les provinces Argentines, et qui est connu sous les noms de camino del Pasto Grande, camino de la Cordillera Granda, ou bien

camino del' Valle del Cura, et on prend à droite. On se dirige par la Quebrada del Tilito vers le N.-E., et on arrive bientôt au pied de la Cordillère de Doña Ana. Pour donner une idée des distances, je dirai qu'en partant de bon matin de la dernière habitation qu'on laisse dans les Llanos de Guanta, on arrive à cet endroit sur les 4 heures du soir en allant au pas. On n'ose pas ordinairement passer cette Cordillère après midi, à cause des vents qui règnent au passage le plus élevé de la montagne, et qui sont tellement forts, que pour me servir de l'expression des gens du pays: *levantan la piedra del suelo*.

Terrain de la Cordillère de Doña Ana. Situation qu'elle occupe dans le système des Andes.

On peut dire qu'en général tout le groupe de terrains de la Cordillère de Doña Ana, compris dans un espace de quatre à cinq lieues de l'est à l'ouest, d'environ autant du nord au sud, et qui s'élève à près de 5.000 mètres au-dessus du niveau de la mer, se compose de porphyres et de brèches porphyriques stratifiés. Les porphyres sont toujours ces mêmes *porphyres bigarrés* qui constituent la majeure partie du terrain secondaire des Andes. Leurs teintes et leur structure minéralogique varient à l'infini : on y trouve des porphyres à rognons de Calcédoine et de jaspe; d'autres qui sont amygdaloïdes à rognons de carbonate de chaux ou de diverses zéolites; d'autres enfin, dont la pâte est bréchoïde, de diverses couleurs, etc. On y rencontre en outre quelques variétés de porphyres micacés ou quartzifères qu'il est rare de trouver dans les couches du même terrain rapprochées de la mer. Quant aux brèches, on en trouve à toutes les hauteurs, mais elles se montrent particulièrement vers la partie supérieure de la montagne.

J'ai déjà dit que les premières couches de ces porphyres du côté de l'ouest s'appuyaient sur les syénites de Valala. Ces couches, dans la partie voisine du granite, présentent des cas très-fréquents de failles, de dislocations et de contournements; mais en s'approchant de la montagne de Doña Ana, elles deviennent plus constantes dans leur allure, gardent leur parallélisme, et plongent légèrement à l'est, c'est-à-dire sous la montagne. Cette inclinaison des couches n'est pas constante dans toute l'étendue du terrain de Doña Ana. Elles deviennent de plus en plus horizontales à mesure qu'on s'élève, et lorsqu'on passe de l'autre côté de la montagne, on les trouve de nouveau inclinées, mais en sens inverse, c'est-à-dire plongeant à l'ouest et inclinées à l'est. Si maintenant on poursuit ce même terrain de l'autre côté de Doña Ana, dans son prolongement à l'est, on voit qu'à la distance de 4 à 5 lieues du sommet de cette dernière, les porphyres changent de nature, deviennent terreux, leurs cristaux se confondent avec la pâte, et leurs teintes deviennent claires, blanches ou jaunâtres, marbrées de diverses couleurs. En un mot, tout ce terrain se transforme en un groupe de *tofos* ou kaolins, comme nous l'avons maintes fois observé près du contact des roches stratifiées et des granites. En effet, en avançant encore plus vers la chaîne principale des Andes on descend dans un profond ravin nommé Estero de los Baños au fond duquel on trouve le granite qui opéra cette métamorphose dans la structure et les couleurs de roches que lui-même avait soulevées. Enfin, en passant de l'autre côté de ce ravin et en se rapprochant de la ligne des faîtes, on voit de nouveau ces mêmes couches reprendre

leur couleur et leur structure porphyrique, elles s'élèvent de plus en plus et constituent la masse de la plus haute Cordillère de ce système, nommée Cordillera de las Vacas Heladas.

Le meilleur endroit pour saisir dans son ensemble tout ce terrain, extrêmement intéressant sous tous les rapports, est le sommet du Portezuelo de Doña Ana sur le chemin même de Los Baños. La *fig.* 9, *Pl. V*, représente la coupe théorique de la construction géologique de cette partie du système des Andes, depuis les granites et les syénites de Malpaso et de Valala, jusqu'à la ligne des faîtes et le sommet de la Cordillère de las Vacas Heladas.

Cette coupe a environ 12 à 15 lieues de l'est à l'ouest en ligne directe, et la distance qui sépare la Cordillera de Doña Ana de celle de las Vacas Heladas ne doit pas dépasser 7 à 8 lieues. L'espace compris entre ces deux Cordillères est occupé par un plateau à surface ondulée, dont la hauteur est de 3.300 à 3.400 mètres au-dessus de la mer, et qui se trouve dominé par une chaîne intermédiaire de collines blanches, jaunâtres et rouges de ces mêmes *tofos* ou kaolins dont je viens de parler.

Maintenant, ayant donné une idée générale de la disposition en grand du terrain secondaire de la Cordillère de Doña Ana, et de la position que les couches de ce terrain gardent à l'égard des masses granitiques qui le soulèvent, je passe à la description de cette partie du terrain secondaire qui renferme les couches fossilifères de la même montagne.

Terrain fossilifère de la Cordillère de Doña Ana.

Or je dois dire avant tout que cette partie du terrain est tellement petite en comparaison de

l'immensité de l'espace qu'occupent les roches porphyriques du même terrain, qu'à peine mériterait-elle l'attention d'un naturaliste si, par sa nature, par celle des débris organiques qu'elle renferme, elle ne servait à déterminer l'époque géologique du système entier des Andes.

En effet, les couches fossilifères de la Cordillère de Doña Ana, à peine occupent 80 mètres d'épaisseur au milieu des roches porphyriques qui constituent ce terrain. Elles affleurent sur la pente méridionale de la montagne; elles courent à peu près du N.-N.-E. au S.-S.-O., et plongent au S.-E. On les reconnaît de loin à la couleur blanche jaunâtre de leurs roches et au parallélisme des strates. Ces roches blanches, formant des rangées d'escarpements bien alignés, séparés par des pentes moins rapides, couvertes de débris de roches marneuses, contrastent singulièrement avec les couches porphyriques rouges, noires et vertes, de nuances extrêmement variées, dans lesquelles elles se trouvent intercalées. Les affleurements de ces couches fossilifères, dont l'ensemble, comme je l'ai déjà dit, ne dépasse pas 80 mètres d'épaisseur, s'élèvent, à partir du pied de la montagne (en las Vegas) où elles sortent pour la première fois au jour, jusqu'à plus de 200 mètres de hauteur au-dessus du point où elles apparaissent, et arrivant à cette hauteur, elles se replongent de nouveau sous les couches de porphyres et de conglomérats porphyriques.

Voici les hauteurs des principaux points de ce gisement, déterminées par mes observations barométriques :

1° Le point le plus bas des affleurements des couches fossilifères :

Baromètre en place à 4 h. du soir. 0m,4818 therm. 12°,20
A la même heure à Coquimbo. . . 0m,7604 19°,75

ce qui revient (en ajoutant 0m,0021 à la hauteur barométrique de Coquimbo pour avoir celle du niveau de la mer) à une hauteur de 3.879 mètres au-dessus de la mer.

Le psychromètre marque dans cet endroit,

A 7 heures du soir. . +4° +1°,6
A 5 heures du matin. —1° —4°,6

2° Point auquel s'élève l'affleurement de la couche fossilifère principale F (voyez, page 523, la description du terrain voisin de l'endroit où cette couche se replonge sous les porphyres) :

Baromètre en place à midi. . . . 0m,4737 therm. 17°,80
A la même heure à Coquimbo. . 0m,7618 20°,75

hauteur qui en résulte : 4.094 mètres au-dessus du niveau de la mer.

3° Portezuelo de Doña Ana; brèches porphyriques micacées.

Baromètre en place à 7 h. du matin. 0m,44535 therm. 7°,40
A la même heure à Coquimbo. . . 0m,76110 20°,25

ce qui correspond à une hauteur de 4.526 mètres au-dessus de la mer.

Enfin le sommet de la même montagne, composé de couches bréchoïdes porphyriques, se trouve à une hauteur de 300 à 400 mètres au-dessus du Portezuelo.

Passons maintenant à la description des principales roches qui composent ce terrain et commençons par en haut :

(A) J'ai déjà dit que les couches qui couronnent cette montagne sont des couches de brèches porphyriques. Ces brèches sont à petits fragments anguleux de porphyres et de roches compactes non calcaires empâtés dans une masse porphyrique et

alternant avec des couches de porphyres bigarrés.

(B) Ces porphyres, à la hauteur du Portezuelo, sont bréchoïdes, gris, violacés, et de diverses autres couleurs. Ils contiennent du mica de couleur noire ou de tombac et quelques petits grains de quartz. Ils sont âpres au toucher, et ressemblent parfois aux roches trachytiques terreuses d'Auvergne. Ils passent aux brèches porphyriques à gros fragments porphyriques anguleux.

(C) Au-dessous de ces porphyres et brèches porphyriques, on voit une série de roches semblables aux précédentes, accompagnées de quelques assises de roches feldspathiques homogènes compactes. Ces roches deviennent souvent friables et arénacées, et j'ai remarqué qu'elles changent continuellement de couleur et de structure, non-seulement en passant d'une couche à l'autre, mais aussi dans la même couche, en divers points de son étendue.

(D) Ce n'est qu'à environ 400 mètres au-dessous des brèches micacées du Portezuelo qu'on voit, pour la première fois, sortir de dessous les assises rouges de porphyres une couche de calcaire argileux sablonneux contenant une grande quantité de térébratules et de coquilles bivalves. Cette couche, qui a tout au plus 5 à 6 mètres d'épaisseur, ne sort au jour que dans un seul endroit, et se cache sous les détritus rouges des roches qui la recouvrent.

(E) De dessous cette première couche, on voit sortir au jour des couches très-solides de porphyres et conglomérats rouges, identiques avec ceux d'en haut; ces roches forment des escarpements presque verticaux de 30 à 40 mètres d'épaisseur.

Au-dessous de ces couches porphyriques solides

s'en trouvent d'autres qui sont tendres, faciles à se désagréger, et formant des pentes douces composées de détritus des roches précédentes.

(F) Vient ensuite un banc calcaire solide de 4 à 5 mètres d'épaisseur, se divisant en plusieurs strates et assises, dont les roches ne diffèrent entre elles que par la plus ou moins grande proportion de silice, d'argile ou de sable qui s'y trouvent mélangés. Tout ce banc, qui forme un escarpement coupé à pic, est extrêmement riche en restes organiques. Les coquilles s'y trouvent disposées par familles, mais pas toujours dans leur situation naturelle. Quelques-unes sont comprimées ou entièrement écrasées, d'autres non-seulement conservent leur tête, mais aussi quelques traces de leurs couleurs primitives. Parmi celles qu'on trouve en plus grande abondance dans la partie tout à fait supérieure de cette couche, sont de grandes térébratules (dont quelques-unes ont 65 millimètres de longueur sur 55 millimètres de largeur), des huîtres plissées semblables à l'ostrea Marschii (Bronn), des peignes semblables à ceux du Cerro de las Tres Cruces (pecten Dufrenoyi, d'Orb.), et des fragments d'ammonites.

(G) Au-dessous de cette couche solide se trouvent de nombreuses assises de marnes blanches, jaunâtres, sablonneuses, qui se délitent à l'air et qui sont tout à fait semblables à celles de la montagne de Manflas. Elles paraissent être moins riches en fossiles que les précédentes, et forment une pente douce couverte de détritus de 15 à 20 mètres de longueur.

(H) Cette pente se termine par un escarpement vertical semblable au premier F, ayant 2 à 3 mètres de hauteur, et composé d'une roche aussi solide et de même nature que la couche F. On y

trouve diverses coquilles turbinées, des nérinées, des trochus, diverses espèces de bivalves à l'état de moules, des térébratules plissées et beaucoup d'autres espèces.

(I) Enfin, ces dernières couches solides reposent sur des couches de grès, de porphyres et de brèches porphyriques, blancs et rouges, tout à fait semblables à celles qui couvrent tout ce groupe de roches fossilifères.

On remarque que, parmi les assises de ce dernier étage, celles qui se rapprochent le plus de la partie calcaire et fossilifère du terrain sont plus arénacées que les autres, et qu'il arrive ici, de même que nous l'avons observé dans la montagne de las Tres Cruces, que les grès rouges passent insensiblement aux porphyres de même couleur et aux brèches porphyriques.

J'ai aussi remarqué qu'au milieu d'une stratification régulière et concordante, on aperçoit, sur le prolongement des couches porphyriques, des amas coniques, comme des boursouflures, de certaines masses porphyroïdes verdâtres, tantôt amygdaloïdes ou à noyaux et veinules zéolitiques, tantôt presque terreuses, se fendillant en tous sens, et se désagrégeant avec la plus grande facilité.

Pour rendre plus claire la description que je viens de donner, j'ai représenté, *Pl. V*, *fig.* 10, la coupe transversale du terrain de la Cordillère de Doña Ana depuis le sommet jusqu'à la partie la plus basse du terrain stratifié, et *Pl. V*, *fig.* 11, les affleurements des couches fossilifères sur la pente méridionale de cette montagne et la situation que gardent lesdits amas coniques de porphyres qui paraissent se trouver dans une position anormale à l'égard du système.

A deux lieues de Doña Ana, du côté de l'est, on arrive à la vallée de l'Estero de los Baños. En descendant dans cette vallée qui a la figure d'un ravin très-profond et très-étroit, on voit, comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire, ses parois formées de roches stratifiées transformées en *tofos* ou kaolins, et le fond creusé dans le granite.

Granite de la vallée de los Baños.

C'est au milieu de ces granites, au voisinage des roches stratifiées changées en kaolins, que sortent les eaux thermales et minérales dans cette vallée. Il y en a de diverses températures : les moins chaudes ont une température de 26°, et il y en a qui marquent plus de 60° C. On voit quatre sources principales, outre plusieurs autres de moindre importance. Elles apparaissent au milieu d'une croûte de marnes et d'efflorescences salines dont tout le fond du ravin se trouve recouvert. On les voit sortir les unes à côté des autres, dans un espace de 12 à 15 mètres de longueur; on en voit même quelques-unes qui marquent plus de 30° de différence dans leurs températures, quoique les ouvertures d'où elles sortent se trouvent à la distance de 2 à 3 pieds l'une de l'autre. Ces eaux n'exhalent pas d'hydrogène sulfuré, mais en sortant au jour, elles laissent dégager des bulles d'acide carbonique et déposent des quantités considérables de sels. Ces sels, déliquescents par leur nature, produisent une telle sécheresse dans la vallée, que le psychromètre, placé à l'ombre d'une pauvre chaumière, construite à l'usage des malades qui y viennent pour se baigner (le 11 de février 1844), donna, à midi, dix degrés de différence entre les deux thermomètres, la température de l'air étant de + 16°,4. Un morceau de ces sels parfaitement blanc et très-dur tomba en déli-

Eaux minérales et thermales.

quescence dès que nous sortîmes de ce ravin, quoique nous fussions à une hauteur plus considérable que le fond de la vallée, où on les avait recueillis. D'après mes observations barométriques, j'ai trouvé que l'endroit où les eaux thermales sortent au jour est situé à 3.258 mètres au-dessus du niveau de la mer. Deux litres de ces eaux, emportés dans des bouteilles bien bouchées, et puis soumis à l'analyse, donnèrent pour leur composition :

Sulfate de soude. . . .	0,001227
— d'alumine. . . .	0,000187
Chlorure de sodium. . . .	0,001438
— de calcium. . .	0,001339
Carbonate de chaux. . .	0,000548
— de magnésie. .	0,000029
Silice.	0,000004
Acide carbonique libre. .	0,000066 (?)
Substance organique. . .	traces
	0,004838

On n'a pas découvert dans ces eaux la moindre trace d'iode ni de brome. Elles ont un goût salé et amer; elles produisent un effet purgatif et on leur attribue de grandes vertus médicinales.

A côté de ces sources minérales, un torrent d'eau blanche et bourbeuse descend par le même ravin, et se jette à 4 lieues de cet endroit dans le Rio Turbio. C'est aux eaux de ce torrent que ladite rivière doit son nom et la mauvaise qualité de ses eaux : car avant de se joindre avec l'Estero de los Baños c'est une des plus belles rivières que j'aie vues dans les Cordillères du Chili.

Troisième percement du terrain stratifié par les granites.

La vallée de los Baños descend du nord au sud, et c'est en même temps la direction des masses granitiques, qui se montrent au fond de la vallée dans toute sa longueur, et sortent entièrement au

jour à la jonction des deux rivières. Les roches qui les recouvrent et qui se montrent constamment des deux côtés de la vallée sont, comme je viens de le dire, des roches métamorphiques changées en majeure partie en kaolins. On les voit très-souvent conserver leurs plans de stratification et même quelquefois des traces de leur structure porphyrique ou bréchoïde. Cependant les roches les plus abondantes sont des masses homogènes, terreuses, blanches ou rougeâtres, marbrées de diverses nuances de brun et de rouge.

On voit surtout des montagnes énormes de ces kaolins près de la jonction de la vallée de los Baños avec celle du Rio Turbio, au voisinage des grandes masses de diorite et de syénite qui y percent tout le terrain stratifié et dominent les autres montagnes.

Lorsque après être descendu de la vallée de los Baños on continue son voyage en remontant par la vallée du Rio Turbio, on voit que ces dernières masses granitiques s'étendent surtout sur la rive gauche de la rivière, et ne se montrent sur la rive droite, que près du fond de la vallée ou vers la partie inférieure de ses flancs. On voit en même temps sur les escarpements de cette rive droite, qu'au-dessus des granites, viennent d'abord les *tofos* ou roches terreuses blanches et rougeâtres (kaolins), puis, au-dessus de celles-ci, les couches du terrain stratifié, gardant leur parallélisme et leurs plans de division dans des situations presque horizontales.

Je ne connais pas d'endroit d'où on puisse voir plus commodément et avec plus d'évidence ce groupement de roches et la relation que présentent ordinairement les kaolins à l'égard des granites et

des porphyres, qu'en se plaçant au sommet d'une montagne syénitique nommée el Carrisal, située à trois lieues de distance de l'embouchure de l'Estero de los Baños, sur la rive gauche, et portant la vue sur les escarpements qui se trouvent en face de cette montagne sur la rive droite de la même rivière. Cette élévation est représentée d'après nature par la *fig.* 12, *Pl. V.*

Dans cette élévation, le granite ne se montre que près du fond de la vallée ; de loin sa couleur est d'un gris bleuâtre et ses contours mal prononcés et arrondis. Au-dessus viennent les escarpements presque verticaux de tofos qui présentent une telle variété de couleurs et de formes qu'il serait aussi difficile de les décrire, que de les peindre dans un paysage. La plupart de ces couleurs sont claires, vives, éblouissant la vue, mais elles se mélangent en même temps avec des teintes noires ou bleuâtres, qui apparaissent dans les fentes et les cavités de la même roche. Celle-ci présente aussi la plus grande irrégularité dans ses divisions, et on y remarque, dans quelques parties, des divisions prismatiques verticales. Enfin, au-dessus de ce mélange de roches, les plus bizarres qu'on puisse imaginer, on voit s'étendre des couches régulières, presque horizontales, de porphyres stratifiés, d'une immense étendue, couvertes d'une seule teinte grise cendrée.

Porphyre quartzifère.

Parmi les roches les plus remarquables de cet endroit, je dois citer un porphyre quartzifère dont la pâte est blanche, âpre au toucher, ressemblant à la pâte d'une bonne porcelaine cuite, et au milieu de cette pâte on voit de petits grains de quartz vitreux, translucide et amorphe. Cette roche est fracturée en tous sens, et les surfaces des fis-

sures sont enduites d'une substance ocreuse brunâtre qui forme aussi des taches et veines très-irrégulières au milieu de la masse solide de la roche. Cette roche ne se trouve qu'à côté du granite; elle ne présente aucune trace de stratification, et pourrait bien appartenir au terrain granitique ou de soulèvement; car on voit, même au milieu des montagnes granitiques de la côte, quelques masses, comme, par exemple, celle de Tamaya, célèbre par la richesse de ses mines de cuivre, qui se composent entièrement de porphyres de même espèce que celui-ci.

Granites.

Les granites de cette partie des Andes sont en général plus beaux que ceux de la côte. On y voit ordinairement deux espèces de feldspath, dont l'une est d'un rose pâle à trois clivages faciles, et l'autre d'un blanc laiteux, plus facile à se désagréger et moins clivable que la précédente. Le quartz est toujours vitreux, le mica noir ou verdâtre, et l'amphibole verte.

Le feldspath rose ressemble tout à fait à celui de la côte; il se clive en lames minces, qui ordinairement se fondent au chalumeau avec facilité, en donnant un verre incolore et translucide. Pour constater l'identité de ce feldspath avec celui du port de Coquimbo, j'ai soumis à l'analyse la partie la plus pure du feldspath rose, provenant d'une très-belle variété de syénite de la montagne du Carrisal, et j'ai trouvé pour sa composition :

Silice.	0,6537
Alumine. . . .	0,2047
Potasse. . . .	0,0630
Soude.	0,0400
Chaux.	0,0260
Magnésie. . . .	traces.
	0,9874

P. spéc. = 2,596

Ces résultats, comparés avec ceux de l'analyse du feldspath orthose du port de Coquimbo, font voir que c'est toujours la même espèce, à base de potasse et de soude, qui entre dans la composition des granites de tout le système des Andes.

La hauteur à laquelle se trouve ce granite du Carrisal est de 2.429 mètres au-dessus de la mer. Il disparaît à peu de distance, du côté de l'est, et si, en allant de ce point vers la ligne des faîtes, on jette un coup d'œil sur la manière dont il plonge sous le terrain stratifié, ainsi que sur l'allure des couches de ce dernier terrain des deux côtés de la vallée, on voit que ces couches, tout en participant au système de dislocations qui les fait légèrement incliner à l'est, plongent des deux côtés de la vallée comme l'indique la coupe *fig.* 13, *Pl. V.*

Roche granitique à base de labrador.

A la distance d'à peu près 1 lieue 1/2 du Carrisal, on arrive au confluent de deux torrents assez considérables, et dans cet endroit, le granite sort encore une fois au jour. Ce n'est plus cette belle syénite rose que nous avons laissée au Carrisal, mais une roche tout à fait différente de celles que nous avons examinées jusqu'à présent, et qui, je crois, réclame une attention particulière de la part du géologue. Sa couleur, à l'extérieur, est d'un vert sombre, et elle présente, dans plusieurs parties de la montagne, des divisions prismatiques verticales; le reste de la masse se trouve fissuré en tous sens, comme la plupart des masses granitiques des Andes. Cette roche se compose principalement de cristaux hémitropes larges, de labrador et d'un autre silicate noir, qui me paraît être de l'hypersthène. On y voit en même temps quelques parties roses, d'orthose lamellaire, mais le quartz manque entièrement. Les cristaux de la-

brador se croisent dans toutes les directions, et les vides qu'ils laissent sont occupés par ledit silicate noir. Leurs hémitropies sont analogues à celles qu'on rencontre ordinairement dans l'albite, c'est-à-dire parallèles à l'axe, et il n'est pas rare de trouver des angles rentrants sur les extrémités étroites de ces cristaux correspondant aux bases. La partie pure de ces cristaux est d'un gris clair, tirant sur le vert; elle n'a qu'un clivage facile, et encore ce clivage est loin d'être aussi net et facile que le clivage de l'orthose. La surface de ce clivage a un éclat nacré, et porte des angles rentrants et saillants très-obtus. Un autre clivage, difficile à obtenir, correspond aux faces larges, et forme, avec le précédent, des angles presque droits. Ce minéral n'est pas très-fragile; ses fragments sont très-irréguliers, à angles obtus, de forme plutôt cubique que rhomboédrique, et jamais lamellaires. Au chalumeau, il est presque infusible. Il ressemble beaucoup à l'albite; mais il en diffère par son éclat nacré, son unique clivage facile, son poids spécifique, de 2,718, qui est plus fort que celui de l'albite, par son infusibilité au chalumeau, et parce qu'il est fortement attaquable par les acides forts, qui en dissolvent 14 p. 100, au moyen d'une ébullition prolongée.

Le silicate qui l'accompagne est d'un gris verdâtre obscur, presque noir à la surface; sa structure est compacte; on obtient cependant, quoique avec difficulté, deux clivages formant entre eux des angles presque droits. Au chalumeau, il est infusible et inaltérable, conservant même sa couleur obscure.

L'analyse de ces deux substances, faite par le carbonate de baryte, par la méthode dont

M. Abich s'est servi pour l'analyse des feldspaths, a donné pour la composition :

	du labrador.	de l'hypersthène.	Oxygène.	
Silice.	0,5705	0,392	0,203	
Alumine.	0,2620	0,080	0,037	
Chaux	0,0860	0,107	0,030	
Peroxyde de fer.	0,0190	0,399	0,090	0,130
Magnésie.	0,0032	0,027	0,010	
Soude.	0,0415			
Potasse.	0,0015 (?)			
	0,9837	1,005	$4(Mg.f.C)S + AS^2$	

Cette roche n'a que tout au plus 1/4 de lieue d'étendue de l'ouest à l'est, et se recouvre de roches stratifiées.

La Laguna. A 3 lieues plus à l'est, on arrive à un lac qui a 1 kilomètre de longueur sur 550 à 600 mètres de largeur. Les bords de ce lac s'élèvent presque verticalement à la hauteur de 300 à 400 mètres, laissant à peine un sentier très-étroit le long du rivage occidental des eaux. Ce lac n'est qu'un réservoir des eaux de la rivière, qui y sont retenues par une espèce de digue naturelle que forment les roches porphyriques de l'endroit. Cette digue a dû être autrefois plus élevée; elle laisse maintenant une ouverture de 50 à 60 mètres de largeur pour l'écoulement des eaux. Il ne serait pas difficile de fermer cette ouverture au moyen d'une digue artificielle, et d'élever le niveau de ce réservoir pour venir au secours de l'agriculture, dans les années de grande sécheresse. A l'autre extrémité du lac, c'est-à-dire du côté du sud-est, on voit une plage d'environ une demi-lieue de longueur, sur laquelle la rivière se ramifie en plusieurs branches et ruisseaux avant de se jeter dans le lac. Cette plage, en montant, devient

de plus en plus étroite, et arrive à un endroit où on voit trois grands torrents qui descendent de trois différentes vallées.

Le niveau des eaux de ce lac se trouve à une hauteur de 3.187 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le tiers de l'étendue du lac paraît être formé de bas-fonds, comme on peut le juger d'après la quantité considérable de plantes aquatiques qui y surnagent. On y voit aussi beaucoup d'oiseaux aquatiques, notamment des canards de diverses espèces et des oiseaux nommés *Pinquenes* par les gens du pays.

Porphyres quartzifères et micacés.

Ce lac se trouve au milieu des porphyres stratifiés qui, dans cette localité, paraissent présenter encore plus de variétés que dans les autres parties du même terrain. On y remarque surtout un porphyre dont la pâte est d'un gris cendré de diverses nuances, et au milieu de cette pâte on voit de tout petits grains de quartz vitreux disséminés au milieu de cristaux roses de feldspath orthose, facile à reconnaître à ses clivages. Une autre variété non moins remarquable se compose de deux porphyres, dont l'un est rouge, argileux, contenant de tous petits cristaux blancs feldspathiques, l'autre gris, siliceux, empâtant les mêmes petits cristaux que le précédent; ces deux porphyres disposés par veines et rubans, forment un *porphyre rubané*, au milieu duquel on voit en même temps des paillettes de mica couleur de tombac et de petits cristaux luisants de quartz.

Les deux porphyres se montrent au fond de la vallée, et, à côté d'eux, on rencontre une infinité d'espèces de ces porphyres bréchoïdes gris verdâtre et brunâtre qui composent la partie

supérieure de la Cordillère de Doña Ana; on en trouve beaucoup qui renferment des paillettes de mica, d'autres qui sont amygdaloïdes à noyaux de carbonate de chaux ou de substances hydrosilicatées. En général ces dernières variétés de roches sont moins abondantes dans les Cordillères du nord que dans celles de Santiago et de Raucagna.

Le lac que je viens de décrire donne le nom de Rio de la Laguna à la rivière qui en sort et qui porte ce nom jusqu'à son confluent avec l'Estero de los Baños, changeant ensuite ce nom contre celui du Rio Turbio. Pour cette raison on croit que ce lac (La Laguna) donne naissance au Rio de Coquimbo qui provient, comme nous avons dit, de la réunion du Rio Turbio avec le Rio Claro. Cette opinion est cependant erronée : car il y a encore une bonne journée de marche de ce lac à la ligne des faîtes où se trouvent les sources de ces trois torrents qui se réunissent, comme je viens de dire, à une demi-lieue du lac pour former le rio de la Laguna. Ces trois torrents portent les noms du Rio Puclaro, Rio de la Laguna et Rio de los Tordos. Le premier descend du S. S. E. et sort d'un groupe de montagnes de kaolins; le second vient de l'est, et le troisième du nord. Le chemin passe par la vallée du Rio de la Laguna qui est considéré comme la principale rivière de l'endroit.

Cette vallée n'est qu'un défilé extrêmement profond et étroit, occupé dans toute sa largeur par le torrent qu'on est maintes fois obligé de passer, cherchant des sentiers qui montent sur des pentes escarpées des montagnes, tantôt d'un côté, tantot de l'autre de la rivière.

Après deux heures de chemin on arrive au confluent du Rio de la Fortuna, qui descend direc-

tement de la ligne des faîtes en formant une belle chute d'eau à travers une fente dans les rochers. De là, la vallée tourne au N. E. et on arrive aux masses granitiques, qui, pour la dernière fois, percent de ce côté des Andes le terrain stratifié. La roche ressemble beaucoup aux granites de la ligne des faîtes des Cordillères de Copiapo; elle est à gros grains et contient deux espèces de feldspath. Le feldspath blanc a deux clivages presque aussi nets que le feldspath rose, et ce dernier est tout à fait pareil à celui du Carrisal et du port de Coquimbo. Ce granite se divise souvent en prismes rhomboïdaux de 100 à 110°, et les plans de division sont presque toujours verticaux.

Quatrième et dernier percement du terrain stratifié par les granites.

Les granites ne se montrent ici que sur une longueur de une lieue à une lieue et demie, dans la direction de la vallée; ils n'arrivent pas à la ligne des faîtes et disparaissent sous les kaolins, qui à leur tour se trouvent recouverts par des roches stratifiées formant les sommets les plus élevés des Andes.

On s'arrête à la hauteur de 4.052 mètres au-dessus du niveau de la mer, au pied de la grande Cordillère de la Laguna sur laquelle on se garde bien de monter le soir à cause des vents épouvantables qui y règnent à cette heure.

J'ai passé une nuit dans cet endroit, le 13 février 1844. Tous les ravins et la plupart des pentes méridionales des montagnes étaient couverts de neige; on ne voyait de la verdure que le long du ruisseau. A la nuit tombante le thermomètre baissa à + 8° centig.; le ciel était couvert et une tempête grondait de l'autre côté des Andes. Il n'y eut presque pas de vent dans la nuit, seulement, vers la pointe du jour, le *terral*

ou vent de l'est vint me rappeler les gelées de nos hivers d'Europe.

Ligne des faîtes.

A 8 heures du matin j'étais déjà sur le point culminant des Andes. La matinée était belle, le ciel pur, d'un bleu d'azur intense, le calme parfait. Je ne sentis ni froid ni le moindre symptôme du mal que les gens du pays appellent *la puna*: quoique je passai plus de deux heures à parcourir les montagnes, à faire mes observations barométriques et à recueillir des échantillons de roches.

Hauteur.

Le baromètre placé sur la ligne de la séparation des eaux, à l'endroit par où passe le chemin de San Juan, marquait :

A 8 heures et demie.	$0^m,4333$	therm.	$7^o,4$
Le même jour et à la même heure à Coquimbo.	$0^m,7595$		$20^o,5$

Ce qui revient (en ajoutant à la hauteur barométrique de Coquimbo $0^m,0021$, pour la ramener à la hauteur barométrique observée au niveau de l'Océan) à 4.747 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le psychromètre à la même heure marquait $+6^o$..... $+0^o,6$.

On voit, d'après cela, que le passage par les Andes dans ces Cordillères de Coquimbo est d'environ cent mètres plus élevé que le passage dans celles de Copiapo et de Portillo.

Toute la crête de la chaîne la plus élevée des Andes était à cette époque complétement dégagée de neiges, qui ne couvraient que leurs pentes tournées au sud et les ravins. On ne voyait même pas de neiges au sommet de quelques points culminants qui s'élevaient à 300 ou 400 mètres au-dessus du point dont je venais de déterminer la hauteur.

La grande différence qu'on remarque entre la constitution géologique de la crête des Andes de Coquimbo et celle des Cordillères de Copiapo, consiste en ce que, dans ces dernières, les granites percent le terrain porphyrique stratifié sur le dos de la chaîne, et constituent, par cela même, la partie centrale ou la partie la plus élevée du système, tandis qu'ici ce granite disparaît près de la ligne des faîtes des Cordillères, et c'est le terrain soulevé qui constitue la crête de ces montagnes.

Porphyres quartzifères et micacés de la ligne des faîtes.

Ce terrain stratifié de la ligne des faîtes est entièrement composé de porphyres et de brèches porphyriques rouges, qui sont tantôt quartzifères, tantôt micacés, tantôt contenant en même temps du quartz et du mica, ou bien entièrement dépourvus de ces deux éléments. On ne rencontre pas, dans cette haute région du système des Andes, de ces brèches à très-gros blocs et à gros fragments, qui sont si communes dans le même terrain, dans la partie basse du système. On ne voit ici que des brèches à tout petits fragments porphyriques, semblables à celles que nous avons vues près de la ligne des faîtes dans les Cordillères de Copiapo, à l'endroit nommé el Pan. En effet, si le groupe des porphyres et des brèches porphyriques rouges que nous avons signalés dans la haute région de ces dernières, doivent former un étage à part dans le système de terrains stratifiés des Andes, je crois que les couches les plus élevées des Cordillères de Coquimbo doivent appartenir au même étage, à la même époque géologique.

Voici les caractères des roches les plus abondantes qui composent le sommet de ces cordillères, sur la ligne même de la séparation des eaux.

1° Brèches porphyriques rouges, à petits fragments anguleux d'une roche terreuse brune violacée (une argilolite), d'une autre compacte, siliceuse, grise, et d'autres porphyroïdes rougeâtres, de diverses nuances; — des petits cristaux blancs, lamellaires, le plus souvent quadrangulaires ou tout à fait irréguliers, mélangés d'autres, déjà terreux (décomposés), disséminés dans toute la masse, excepté dans les fragments de la roche terreuse; — enfin de tous petits grains de quartz vitreux adhérent à la pâte, disséminés, non-seulement dans toute la masse de la pâte, mais aussi dans tous les fragments compactes ou terreux.

2° Porphyre argileux rouge, couleur de brique; pâte terreuse, au milieu de laquelle on voit les mêmes cristaux, très-petits et très-irréguliers, que l'on rencontre dans les porphyres bigarrés ordinaires de la basse région du système.

3° Roche porphyroïde, de même couleur que les précédentes; pâte terreuse, cristaux de feldspath peu distincts, décomposés; des paillettes de mica de couleur de tombac disséminées dans toute la masse, et se présentant souvent sous la forme de lamelles hexagonales, etc.

En général, toutes ces roches et une infinité d'autres qui composent la grande Cordillère de la laguna présentent les mêmes couleurs, les mêmes teintes, et les mêmes éléments. On n'y voit pas de filons ni la moindre trace de minéraux *métalliques*. Les masses en général, soit de la roche soulevante, soit des roches stratifiées, présentent un état de cristallisation confuse, qui annonce que les unes sont sorties à l'état pâteux; et que les autres ont subi sur place une métamorphose, sans que leurs éléments se trouvassent dans la possibi-

lité de se mouvoir librement pour former des cristaux parfaits. Il suffit de dire que, depuis Guanto, ou peut être depuis les mines de Chapilca, jusqu'au sommet de la grande Cordillère, je n'ai pas trouvé un seul cristal complet de carbonate de chaux, un seul cristal de quartz hyalin. En même temps je dois dire qu'on n'a jamais trouvé un seul filon métallifère dans cette partie du système des Andes.

PLANCHES JOINTES A CE MÉMOIRE.



Carte géologique et minéralogique du Chili.
Signes conventionnels.
Terrain de soulèvement roches granitiques etc.
Terrain secondaire de Porphyres bigarrés
Même Terrain — Roches calcaires, coquillères.
Roches métamorphiques (Tofos), au contact des deux terrains — Kaolins
Terrain moderne.
Filons argentifères — Mines d'Argent natif Chloro-bromuré, Arsenio-sulfuré etc
Filons de Cuivre argentifère Cuivre gris Galène, Blende etc
Filons et mines de Cuivre ne contenant ni Arsenic ni Antimoine ni Plomb, ni Argent
Mines d'Or — Filons et sables aurifères.
Mines de Mercure
Ateliers d'amalgamation, Usines pour le traitement des minerais d'Argent (Maquinas y Buitrones)
Moulins pour les minerais d'Or (Trapiches)
Fours et Usines à Cuivre
Villes, chef-lieux de province (Ciudade)
Chef-lieux de département (Villas)
Habitations Fermes, etc (Pueblos y Haciendas)
Nota. Les nombres indiquent les hauteurs en mètres au dessus du niveau de la mer
Abréviations
Cro Cerro Montagne.
Qda Quebrada. Ravin
Pto Puerto Port
Ba Bahia. Baie
Esto Estero. Ruisseau, Torrent
COPIAPO
Vallenar
COQUIMBO
Jllapel
Petorca
SANTIAGO
Quillota
VALPARAISO
Rancagua
S.FELIPE
Freyrina
Carrisal
San Juan
Valdivia

Lemaitre sc.

Recherches sur la constitution géologique du Chili.

Coupe du Cerro de Ladrillos

Fig. 1.

Roches schisteuses
Calcaires
Mines d'Argent de Ladrillos
Mines d'Or et de Cuivre
Porphyres stratifiés
Sables de la Quebrada de Paypote
Diorite
Eurites et Porphyres feldspathiques amphiboliques

Vue du Cerro del Cobre, près de la Ferme de Antuco. Fig. 2.

Mines de cuivre
Niveau du fond de la Vallée

Coupe du N.O. au S.E. du système des Andes, prise du Portezuelo de Come-Caballo jusqu'au Rio Pequenes. Fig. 3.

Fig. 6.

Coupe de la Montagne de Chañarcillo

Fig. 4.

Valenciana
Carmenalta
la Esperanza
Mesa piedra
Couches stériles
la Colorada
Mantos Pintadores
Couches productives. Minerais Chloro-bromurés
S.Francisco
S.José
la Borana
el Descimpeño
Profondeur à laquelle disparaissent les minerais Chloro-bromurés
Echelle des hauteurs de la Fig. 4.
300 mètres
600 mètres
Echelle des longueurs de la Fig. 4.

Filons noirs d'Eurite ou de Porphyre, dans le Granite, sur la rive gauche du Rio Turbio, près de Chapilca

Fig. 7.

Coupe du Rincon de las Yanas

Fig. 5.

Coupe de la Montagne de Doña Ana

Fig. 10.

Brèches porphyriques
Portezuelo de Doña Ana
Porphyres micacés quarzifères
Porphyres bigarrés alternant avec des Roches compactes homogènes
Brèches et tufs rouges
Marnes sableuses
Porphyre vert

Vue des escarp.ts de la rive droite du Rio Turbio, près du sommet de la M.ne el Carrosal. Fig. 12.

Porphyres stratifiés
Tofos
Granites
Niveau du Rio Turbio

Superposition du terrain stratifié sur le granite, sur la rive droite du Rio Turbio, près de Chapilca

Fig. 8.

Terrain stratifié
Granite

Affleurements des couches fossilifères sur la pente méridionale de la Montagne de Doña Ana

Fig. 11.

Porphyres et brèches porphyriques rouges
Couche calcaire fossilifère Principale
Marnes jaunâtres sableuses
Porphyre vert
Porphyres rouges

Coupe du système des Andes depuis les Granites et Syénites de Malpaso et Valala, jusqu'à la Cord.re de las Vacas Heladas

Fig. 9

Las Vegas
Cord.re de Doña Ana
Brèches porphyriques
Portezuelo de Doña Ana
Los Baños
Cord.re de las Vacas Heladas
Valala
Granite
Porphyres stratifiés
Tofos
Granite
Porphyres stratifiés

Coupe transversale de la Vallée du Rio Turbio

Fig. 13.

Porphyres stratifiés
Tofos
Granites
Porphyres stratifiés
Tofos

Lemaître sc.


Plan des Mines d'Argent de Chañarcillo, département de Copiapo (Chili)
Dans cette direction se trouvent les Mines d'Argent de Bandurrias
Sn Antonio del Retiro
Puerto de Casma
Gloria
Talcahuano
Manto de los Bolados
Nudo Gordiano
Manto de Dn Ramon Osa
Descubridora
Carlota
Sta Rita
Sta Felix
Providencia
las Carpas
Colerada en las Carpas
Bolaco Viejo
Manto de los Cabo
Guanaquita
Valenciana
Placilla
Guanaco
Carmen Bajo
Carmen alto
Esperanza
Bolaco Nuevo
Progreso
Sn Domingo
Colorada
Buen Ventura
Sn Alexandro
Desempeño
Bocona
Rosario
Sn José
Dolores
Sn Francisco
Gisa de Carbaño
Loreto
Trinidad Dolores
Mines d'Argent de Pajonales
P A J O N A L E S
Signes conventionnels.
Terrain secondaire stratifié.
Alluvions.
Filons argentifères.
100 200 300 400 500 mètres
100 200 300 400 500 vares 1 vare = 0m 83.

Lemaitre sc.


Plan des Mines d'Argent de Agua Amarga, département du Haut Huasco (Chili).
Rincon de Tuñas
Mine d'Argent
CERRO BLANCO
Mines d'Argent
de Tunas
CERRO DE AGUA AMARGA
Sud
Molinera
Huerta
Almeyra
Colorada
Nord
Avis
Mines d'Argent
du Carrisal
CERRO
DE LOS
CAMARONES
Mines
de Cuivre
de los
Camarones
Signes conventionnels.
Filons argentifères.
Filons de Cuivre aurifères.
Terrain secondaire stratifié
Terrain granitique dioritique non stratifié
Porphyre secondaire stratifié
Echelle de 0,m 03 pour metre.
1000
2000
3000 mèt.
1000
2000
3000
4000 vares

Lemaitre sc.



